

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABELLA ALVES MARCHESINI

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO MOBILIÁRIO EM MDF NO CICLO DE VIDA
ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO: UM ESTUDO SOBRE A ENERGIA EMBUTIDA
NO MOBILIÁRIO DE ESCRITÓRIOS COMERCIAIS**

**CURITIBA
2013**

ISABELLA ALVES MARCHESINI

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO MOBILIÁRIO EM MDF NO CICLO DE VIDA
ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO: UM ESTUDO SOBRE A ENERGIA EMBUTIDA
NO MOBILIÁRIO DE ESCRITÓRIOS COMERCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, área de concentração em Ambiente Construído e Gestão, Departamento de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Sergio F. Tavares

**CURITIBA
2013**

M316a

Marchesini, Isabella Alves

Análise da influência do mobiliário em MDF no ciclo de vida energético da edificação : um estudo sobre a energia embutida no mobiliário de escritórios comerciais. / Isabella Alves Marchesini. – Curitiba, 2013.
121f. : il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil, 2013.
Orientador: Sérgio F. Tavares.
Bibliografia: p. 92-98.

1. Mobiliário. 2. Energia Embutida. 3. Impacto Ambiental - Avaliação. I. Universidade Federal do Paraná. II. Tavares, Sérgio F. III. Título.


CDD: 651.23

TERMO DE APROVAÇÃO

ISABELLA ALVES MARCHESINI

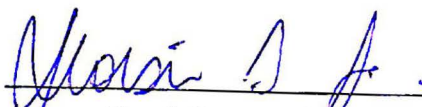
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO MOBILIÁRIO EM MDF NO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO: UM ESTUDO SOBRE A ENERGIA EMBUTIDA NO MOBILIÁRIO DE ESCRITÓRIOS COMERCIAIS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora.



Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares

Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná
(Orientador)



Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná
(Examinadora)



Profª. Drª. Solange Virginia Galarça Goulart

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande
do Norte
(Examinadora)

Curitiba, 03 de maio de 2013.

*Aos meus pais e irmã,
a quem eu sempre busquei orgulhar,
e pelo apoio incondicional*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador prof. Doutor Sergio Fernando Tavares, pelos ensinamentos, contribuições e colaborações que me ajudaram desde a elaboração do tema desta dissertação, seu desenvolvimento até a sua conclusão durante estes mais de dois anos de trabalho.

Ao prof. Doutor Aloísio Leoni Schimid que esteve sempre à disposição para discutir novas ideias e diferentes formas e pontos de vista a respeito da minha dissertação para que enriquecesse ainda mais o meu trabalho.

Aos meus pais Dario e Ângela que desde o surgimento da minha vontade em encarar o mestrado sempre me incentivaram. Pelas suas eternas demonstrações de carinho e palavras de compreensão nos momentos mais complicados.

Ao meu namorado João Miguel que sempre está ao meu lado confiando nas minhas capacidades.

A minha irmã Manoella que teve uma participação super especial realizando a minha aproximação com a empresa Maragno Móveis Planejados.

À Maragno Móveis Planejados e em especial ao Luciano por ter me aberto às portas da fábrica e fornecido informações de suma importância para realização desta dissertação.

À CAPES pelo fornecimento do auxílio financeiro com as bolsas de estudo as quais possibilitaram a minha dedicação integral para o desenvolvimento deste estudo.

RESUMO

As edificações, quando não são projetadas pensando em soluções mais sustentáveis, podem possuir uma alta energia final em seu ciclo de vida. A exclusão de determinados componentes no estudo do ambiente construído, tais como mobiliário e acessórios, pode causar grandes variações na quantificação da energia embutida da edificação. Com o objetivo de tornar a edificação mais sustentável, esta dissertação apresenta a quantidade de energia embutida no mobiliário em MDF de um escritório comercial e descreve a influência desta energia embutida na energia total da construção a qual suporta este escritório. O método utilizado para encontrar a energia embutida dos móveis é híbrido envolvendo análise de processos e análise estatística. Os dados para energia embutida de montagem deste mobiliário são adquiridos através da Análise de processos realizada in loco em uma fábrica de mobiliário; os demais são selecionados da bibliografia. São consideradas as fases de extração de matéria-prima, fabricação e transporte dos materiais que compõem os móveis e construção. O valor da energia embutida no mobiliário é comparado às demais energias consumidas em uma edificação hipotética onde está inserido o escritório comercial com o mobiliário estudado. Desta forma se tem a ideia do quanto a energia embutida dos móveis influencia na energia de uma construção. Encontrou-se uma energia embutida no mobiliário de 2,0 GJ/m², sendo 1,24 GJ/m² correspondente à energia recorrente, uma energia embutida dos materiais não mobiliário da edificação de 10,03 GJ/m² e uma energia operacional para 50 anos de vida útil de 12 GJ/m². Portanto a energia embutida no mobiliário corresponde a 8,3% da energia total consumida no ciclo de vida da edificação e 20% da energia embutida restante sendo considerada significativa, principalmente quando considerada a parcela referente à energia recorrente do mobiliário, ou seja, a energia gasta para substituição de móveis e seus acessórios, conclui-se que quanto maior a vida útil do mobiliário menor será a sua energia embutida final e consequente influência na energia total consumida na edificação.

Palavras chave: Mobiliário. Energia Embutida. Análise de Ciclo de Vida Energético. Edificações Sustentáveis.

ABSTRACT

Buildings must be designed by considering more sustainable solutions to count less energy in the building life cycle. The exclusion of certain components in the building life cycle assessment such as furniture and accessories can cause large variations in the embodied energy. The aim of this research is to presents the amount of energy embedded in MDF furniture of a commercial office and to describe the influence of embodied energy in the total energy building life cycle. The method used is a hybrid process involving process analysis and statistical analysis. Data for embodied energy of furniture assembly were acquired through the process analysis performed in situ in a furniture factory and the others were selected from bibliography. The phases considered in the study are: raw material extraction, manufacturing and transportation of the materials that make up the furniture and building construction. To get the real influence of furniture in the building's energy the value embodied energy is compared to other energy consumed in a hypothetical building where the commercial office is considered. Was found a furniture's embodied energy of 2.0 GJ/m², 1.24 GJ/m² corresponding to recurring energy, an embodied energy of the building materials of 10.03 GJ/m² and an operating power for 50 year life span of 12 GJ/m². Therefore the energy embedded in furniture corresponds to 8.3% of the total energy consumed in the life cycle of the building and 20% of the building materials. Thus the furniture's embodied energy is considered significant, especially when considering the portion related to recurring energy.

Key-words: Furniture. Embodied Energy. Energy Building Life Cycle. Sustainable Buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Energia embutida e operacional dentro da ACV da edificação	29
Figura 2 - Produção e consumo de painéis de madeira no Brasil	47
Figura 3 - Produção e consumo de painéis de madeira no Brasil	49
Figura 4 - Esquema de produção das chapas de MDF	52
Figura 5 - Logotipo da empresa Maragno Móveis Planejados	62
Figura 6 - Mapa mental para desenvolvimento da pesquisa	64
Figura 7 - Seccionadora Homag mod. Holzma HPP 250/38/38	66
Figura 8 - Coladeira de bordos.....	67
Figura 9 - Máquina de Fresagem	67
Figura 10 - Imagem ilustrativa do compressor de ar	68
Figura 11 - Imagem ilustrativa da instalação dos dutos exaustores de resíduos	68
Figura 12 - Filtros de manga	69
Figura 13 - Parafusadeira.....	69
Figura 14 - Serra de esquadria.....	69
Figura 15 - Esteira transportadora de rolos.....	70
Figura 16 - Máquina envolvedora.....	70
Figura 17 - Planta do escritório	73
Figura 18 - Vista 1 Recepção.....	74
Figura 19 - Vista 2 Recepção.....	74
Figura 20 - Vista 3 Recepção.....	75
Figura 21 - Vista 1 Escritório	75
Figura 22 - Vista 2 Escritório	76
Figura 23 - Vista Copa	76
Figura 24 - Vista Banheiro.....	77
Figura 25 - Paisagem de dobradiça	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Investimento das empresas em materiais de construção	22
Gráfico 2- Gráfico comparativo entre as energias da edificação	86
Gráfico 3 - Gráfico comparativo entre as energias da edificação de McCoubrie et al.(1996).....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Benefícios de investimentos em isolamento térmico.....	21
Quadro 2 - Média das vidas úteis dos materiais e sistemas da edificação	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo de valores para EE de edificações nacionais encontrados na bibliografia	34
Tabela 2- Exemplo de tabela utilizada no método híbrido de Tavares (2006)	41
Tabela 3 - Modelo de planilha utilizada para cálculo da EE em mobiliário	56
Tabela 4 - Modelo de planilha utilizada para cálculo de EE de não mobiliário	60
Tabela 5 - Durabilidade do Mobiliário - ano.....	63
Tabela 6 - Taxa de substituição de mobiliário	63
Tabela 7 - Corte de peças em MDF em quatro meses.....	71
Tabela 8 - Consumo de energia em quatro meses de funcionamento da Fábrica	72
Tabela 9 – Indicadores de consumo	72
Tabela 10 - Informações das chapas de MDF.....	72
Tabela 11 - Distâncias percorridas pelos materiais.....	79
Tabela 12 - Coeficientes de gasto energético	80
Tabela 13 - Cálculo de energia embutida do mobiliário	81
Tabela 14 – Cálculo de energia embutida de não mobiliário.....	82
Tabela 15 - Equipamentos utilizados no escritório-estimados	84
Tabela 16 - Energia total da edificação	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
ACVE	Avaliação de Ciclo de Vida Energético
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDS	Banco Nacional do Desenvolvimento
CBSC	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CUB	Custo Unitário Básico Da Construção
EE	Energia Embutida
GER	<i>Gross Energy Requirement</i> (Requisitos Energéticos Totais)
ICE	<i>Institute of Carbon and Energy</i>
IFIAS	<i>Institute Federal Internacional of Advanced Studies</i> (Instituto Internacional Federal de Estudos Avançados)
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> (Fibra de Média Densidade)
NBR	Norma Técnica Brasileira
REE	Requisitos Energéticos De Energia
SETAC	<i>Society for Environmental Chemistry and Toxicology</i> (Sociedade De Toxicologia E Química Ambiental)
UEA	<i>Union Européenne de l'Ameublement</i> (União Europeia Da Indústria Moveleira)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.2	PRESSUPOSTO	17
1.3	OBJETIVO	17
1.4	JUSTIFICATIVAS	17
1.4.1	Ambiental	18
1.4.2	Social.....	19
1.4.3	Econômica.....	20
1.4.4	Tecnológica	21
1.5	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	22
1.6	ESTRUTURAÇÃO	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	ANÁLISE DE CICLO DE VIDA E ANÁLISE ENERGÉTICA.....	24
2.2	ANÁLISE EM EDIFICAÇÕES	26
2.3	ENERGIA EMBUTIDA	30
2.3.1	Energia embutida em edificações	30
2.3.2	A energia embutida em edificações na bibliografia brasileira	31
2.3.2	O conceito de vida útil técnica e vida útil estética	35
2.3.3	Cálculo da energia embutida.....	36
2.3.4	Energia embutida no mobiliário	41
2.4	ROTULAGEM AMBIENTAL DE MOBILIÁRIO	43
2.5	MOBILIÁRIO EM PAINÉIS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF).....	45
2.5.1	Processo produtivo.....	48
2.5.2	Uso dos painéis de madeira de média densidade (MDF).....	53
2.6.	ASPECTOS RELEVANTES NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	53
3	METODOLOGIA	54
3.1	DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PESQUISA	54
3.1.1	Unidade de análise e delimitação do trabalho	54
3.1.2	Justificativa da escolha da estratégia	54
3.2	PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS.....	55
3.4	MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS	56
3.4.1	Energia embutida no mobiliário - análise híbrida.....	56

3.4.2	Relação entre itens de consumo de energia: energia embutida no mobiliário versus energia da edificação.....	58
3.5	FÁBRICA DE MONTAGEM DE MOBILIÁRIO EM MDF	60
3.6	SELEÇÃO DO MOBILIÁRIO E EDIFICAÇÃO	62
3.7	MAPA MENTAL	64
4	RESULTADOS.....	65
4.3	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MÓVEIS NA MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS.....	65
4.3.2	Corte de chapas	66
4.3.3	Coladeira de bordos	66
4.3.4	Usinagem das peças	67
4.3.5	Compressor de ar.....	68
4.3.6	Exaustão de resíduos.....	68
4.3.7	Parafusadeiras, serra de esquadria e pista de movimentação.....	69
4.3.8	Embalagem	70
4.4	CÁLCULO DA ENERGIA EMBUTIDA NA MONTAGEM DE MÓVEIS	71
4.5	ESCRITÓRIO COMERCIAL	73
4.6	ENERGIA EMBUTIDA TOTAL.....	77
4.7	DEMAIS ITENS DE CONSUMO NA EDIFICAÇÃO	82
4.7.2	Energia embutida de não mobiliário	82
4.7.3	Energia de operação	84
4.8	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	85
5	CONCLUSÕES	88
5.3	ATENDIMENTO AO OBJETIVO E AO PRESSUPOSTO	88
5.4	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	90
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
	APÊNDICES	99
	ANEXOS	112

1 INTRODUÇÃO

A chamada Segunda Revolução Industrial ocorrida na metade do século XIX envolveu o aprimoramento técnico científico da Primeira Revolução Industrial com o desenvolvimento de novas tecnologias. Teve como características principais um forte desenvolvimento tecnológico aplicado, principalmente, às indústrias elétrica, química, metalúrgica, farmacêutica e de transportes. Houve importantes invenções tecnológicas que melhoraram a qualidade de vida das pessoas e ajudaram a aumentar a produção das indústrias. Na Europa a população urbana passou a ser maior do que a rural e o êxodo rural foi motivado pelos empregos gerados nas indústrias das cidades. O gás e petróleo se tornaram fontes importantes de geração de energia então o carvão mineral começou a ser menos utilizado. Importantes marcos da Segunda Revolução Industrial foram a utilização do sistema de linha de produção nas indústrias e principalmente o **uso da energia elétrica na iluminação urbana, residencial e industrial** (LIMA, 1960).

Como consequência para a arquitetura tornou-se mais comum a utilização de sistemas mecânicos de aquecimento e resfriamento do ambiente construído. Sendo assim não existiram, nesta época, muitas preocupações nos projetos arquitetônicos em utilizar a iluminação e ventilação natural e também o consumo de energia mundial aumentou significativamente.

Com a Crise do Petróleo nos anos setenta a população foi orientada a racionar a energia consumida e com isso o projeto das edificações começou a ser repensado. Segundo Treloar (2002) os esforços atuais para integrar os conceitos de sustentabilidade nos projetos de edificações podem ser rastreados até a crise dos anos setenta, quando a preocupação com a natureza e a qualidade do meio ambiente é reconhecida ter começado. Outro fato que contribuiu para a maior preocupação em construir edifícios com maior eficiência energética foram os grandes acordos mundiais sobre o meio ambiente organizados pela ONU a partir desta década. Em especial a influência da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), A Cúpula da Terra, ou Rio92, recebida em 1992 pela Cidade do Rio de Janeiro e que promoveu a abordagem de forma conjunta dos problemas relacionados com energia, meio ambiente e ecologia (EDWARDS, 2008).

A mais recente até o momento é a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD), ou Rio20, a qual ocorreu no Brasil de 13 a 22 de junho de 2012 marcando o 20º aniversário da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento e o 10º aniversário da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (WSSD), ocorrida em Johannesburgo em 2002. Teve como ganho a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável e avaliação das lacunas e progressos atingidos com relação à agenda 21 definida na Rio92.

Os dois temas em foco nesta Conferência foram: A economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza e O quadro institucional para o desenvolvimento sustentável. O tema energia foi uma das sete questões críticas discutidas na Rio20. A energia é um ponto central para quase todos os grandes desafios e oportunidades que o mundo enfrenta hoje. Seja para trabalho, segurança, mudança climática, produção alimentar ou aumento da renda, o acesso à energia é essencial a todos. Energia sustentável é necessária para fortalecer economias, proteger ecossistemas e alcançar a equidade. O Secretário-Geral das Nações Unidas *Ban Ki-moon* lidera a iniciativa “Energia Sustentável para Todos” para garantir o acesso universal a serviços energéticos modernos, melhorar a eficiência e aumentar o uso de fontes renováveis (Rio20, 2012).

O documento gerado a partir da conferência foi “O futuro que queremos” o qual aponta caminhos para atingir os problemas abordados há 20 anos relacionados com o desenvolvimento sustentável. Dentre os temas do documento estão o incentivo ao uso de energia limpa, a proporção entre consumo de energia e mudança climática e produção e consumo sustentável.

A tendência mundial é a aderência também do mercado de construção civil à construção sustentável, pois esta consome menos energia, gera menos resíduo e ocasiona sensação de bem-estar ao ocupante e também ao entorno, o que resultará em exigências por parte dos usuários por construções neste nível. Portanto o mercado precisa rapidamente se adaptar aos princípios de sustentabilidade nas edificações.

Para que um projeto seja considerado sustentável ele deve ser estudado sob quatro aspectos, além dos três aspectos pilares da sustentabilidade ambiental, econômico e social o aspecto de consumo de recursos deve ser

analisado (EDWARDS, 2008). No aspecto ambiental, também chamado de ecológico, devem identificados e prevenidos os impactos negativos devidos à poluição, produção de resíduos, e desconfortos no entorno bem como estudada a biodiversidade local para prever possíveis impactos sobre fauna e flora (TRELOAR, 2002).

O aspecto social inclui os benefícios sociais e comunitários que a edificação possa criar sendo diretos ou indiretos. É necessário avaliar que uma edificação pode causar impactos sobre a saúde dos seus usuários, por exemplo, a Síndrome do edifício doente (EPA, 1991) caso não possua uma arquitetura propícia para a entrada de iluminação e ventilação necessária para o bem estar dos seres humanos. Ainda na esfera social deve-se levar em conta a segurança dos funcionários, usuários e população desde a fase de construção (seguir a engenharia de segurança do trabalho) até durante a operação e demolição da edificação.

No aspecto econômico devem ser avaliadas as contribuições que a construção gerará na produtividade futura dos usuários uma vez que eles estarão ocupando um ambiente projetado para ser agradável e menos negativo para o meio ambiente. Considerar o acúmulo de ativos também é uma forma de contribuir para o aspecto econômico da edificação sustentável porque uma construção mais sustentável possui maior valor agregado tendo, portanto, maior valor no mercado de imóveis, devem também ser levados em consideração que os investimentos iniciais podem ser mais altos, porém possuem um ótimo retorno financeiro a longo prazo com economia de energia, água e resíduos gerados.

E por último o aspecto consumo de recursos, os quais são materiais e energia. Tais recursos devem ser avaliados em termos de custos, disponibilidade, energia gasta para produção e transporte, eficiência, durabilidade de materiais, etc. A Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment*) é um dos métodos utilizados para quantificar os impactos sociais, econômicos e ambientais ao longo do tempo de vida total dos materiais, incluindo desde a extração das suas matérias primas, a manufatura, os transportes, a aplicação na obra, a manutenção, a conservação e o desmantelamento ou a reutilização. A ACV pode ser aplicada ao produto final (edifício), a um elemento construtivo ou ao processo de execução. É necessariamente um processo complexo, no entanto, as Normas da série ISO 14.040 definem as metodologias e os protocolos a serem levados em consideração para a quantificação de ACV (BRAGANÇA, 2005).

Como princípios de construção sustentável o projeto deve considerar alguns itens como

- Redução do consumo energético;
- Redução dos resíduos gerados;
- Redução do consumo de água;
- Aproveitamento de condições naturais locais;
- Implantação e análise do entorno;
- Reciclagem, reutilização e redução os resíduos sólidos;
- Inovação (CBCS, 2011);

O presente trabalho está inserido no tema de construções mais sustentáveis porque aborda a energia embutida contida no mobiliário e esta pode ser significativa se comparada às demais energias consumidas durante a vida útil da construção. Desta forma, a escolha do mobiliário a ser instalado na edificação influencia na categoria energética da sustentabilidade da edificação. Portanto, a pesquisa contribui para que se obtenha uma melhor eficiência energética da edificação em termos de materiais utilizados na construção.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Dentre as diretrizes para execução de um ambiente construído mais sustentável pode-se destacar a eficiência energética da edificação. Planejar a construção de modo que a sua energia seja otimizada, ou seja, com a escolha certa de insumos a energia total consumida pela edificação resulta na menor possível.

A certificação de uma edificação e ou material pode garantir ao usuário a sustentabilidade do produto em termos de desempenho e eficiência energética. Para obtenção desta certificação uma ferramenta que pode ser utilizada é a análise do ciclo de vida energético.

As energias que são consumidas em uma construção estão divididas em energia embutida, energia operacional ou de uso e energia de demolição. O valor final destas energias pode variar de acordo com o autor da análise devido à escolha dos parâmetros que são incluídos nos estudos e fronteiras dos sistemas. Há uma carência de estudos no mercado que consideram o mobiliário e acessórios como parâmetros de influência na energia embutida total da edificação.

O problema de pesquisa deste trabalho busca descrever:

- **Qual a influência do mobiliário na energia embutida em edificações comerciais?**

1.2 PRESSUPOSTO

Como consideração preliminar baseada em trabalhos já publicados a respeito do assunto cabe afirmar que a energia embutida no mobiliário, ou seja, a energia incorporada nos materiais utilizada para extração da matéria prima, fabricação transporte, montagem e disposição final é significativa quando comparada ao outros montantes de energia consumida nas edificações comerciais, como energia embutida nos materiais de construção e energia operacional. Estudos na Austrália comprovam que:

A energia embutida do mobiliário, o qual compõe um edifício de escritórios de altura média em Melbourne, pode chegar a 9,9 GJ/m². Enquanto a energia total da edificação operando durante 40 anos é de 32,23 GJ/m², ou seja, o mobiliário corresponde a 31% da energia total (MCCOUBRIE *et al.*, 1996).

1.3 OBJETIVO

Descrever a energia embutida no mobiliário em MDF utilizando um método híbrido com dados brasileiros calculados e dados de revisão bibliográfica. Posteriormente avaliar o ciclo de vida energético de uma edificação comercial hipotética para se ter conhecimento da influência dos móveis na energia total consumida na construção.

1.4 JUSTIFICATIVAS

O estudo da influência do mobiliário no consumo de energia total nas edificações se tornará mais frequente, uma vez que a demanda de energia operacional da edificação está diminuindo juntamente com a melhoria de tecnologias. Estas medidas irão aumentar a importância da energia consumida na fase de produção do edifício e de acessórios, o que inclui o mobiliário que compõe

os interiores (COLE, 1996). Segundo a Federação Europeia dos fabricantes de mobiliário (UEA) todo ano o setor de móveis para escritórios vende aproximadamente 20 milhões de assentos, 13 milhões de armários e 11 milhões de mesas e cadeiras. A Federação também divulga que a vida útil média do mobiliário é de 5 a 10 anos. Quase 1,2 milhão de toneladas de móveis comerciais são descartados anualmente na União Europeia para aterros sanitários ou incineração. Em torno da metade destes resíduos são produtos de madeira, um terço de peças de metal e o resto consistem de plásticos, tecidos e outros (PARIKKA-ALHOLA, 2008). Portanto, para a construção de uma edificação mais sustentável, a preocupação com a aquisição de mobiliário que causam menos impacto ao meio ambiente é um nicho de mercado grande.

A energia operacional utilizada nos edifícios para aquecimento, refrigeração, ventilação e iluminação representa 30% da energia nacional consumida no Canadá, sendo que aproximadamente 20% é direcionada para edificações residenciais e o remanescente para as comerciais (COLE, 1996).

No Brasil, a energia total consumida nos setores residencial, industrial, comercial e público representa 49% do total nacional, sendo que apenas 2,7% é consumida pelos edifícios comerciais (BRASIL, 2011).

Como as edificações comerciais consomem menos energia elétrica para a operação, a energia embutida nos materiais possui uma maior importância na energia total destes edifícios.

Outro ponto importante a considerar pela escolha das edificações comerciais é que, com o crescimento da economia mundial através das indústrias o investimento em edifícios e escritórios comerciais tem aumentado. Torna-se importante, então, o estudo da energia e efeitos ambientais gerados no ciclo de vida destas edificações comerciais (JUNNILA, 2006).

1.4.1 Ambiental

Na escala ambiental o trabalho se justifica devido à crescente necessidade por construções mais sustentáveis. A indústria da construção civil é a uma das maiores poluidoras do meio ambiente, uma vez que consome uma grande quantidade de recursos naturais, demanda muita energia, desde a produção da construção passando pela operação e demolição, e descarta uma enorme quantia

de resíduos para o meio ambiente. Dados do *Worldwatch Institute*¹ publicados por Roodman (1995) apontam que as atividades exercidas pela indústria da construção civil consomem em torno de 40% da energia produzida mundialmente.

No Brasil, a Associação Brasileira de Arquitetura Energética (ANAB) publicou os seguintes números de consumo pela construção: 40% dos recursos naturais e da energia produzida no Brasil, 34% da água, 55% de madeira não certificada, e geração de 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos e 50% do volume total de resíduos.

As estimativas mundiais de consumo dos recursos naturais nas construções chegam a 30% de matérias primas mundiais, 25% da água do mundo e 12% do solo (LEVIN, 1997).

O estudo do ciclo energético durante a vida útil das edificações contribui para a escolha das alternativas menos impactantes no meio ambiente em termos de utilização de energia. Não existem muitas análises de ciclo energético em edificações que incluem o mobiliário nos cálculos, porém, por causa da alta frequência de substituição destas peças ao longo da vida da edificação a energia embutida nestas peças pode ser significativa se comparadas à energia consumida na operação do edifício.

1.4.2 Social

A indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras dos recursos naturais, renováveis e não renováveis existentes no mundo, só em energia o consumo é 40% da energia mundial gerada anualmente (DIXIT, 2010). Outra consequência das atividades de construção é a poluição regional através das emissões de gases nocivos para os seres humanos como óxidos de nitrogênio e de enxofre (NO_x e SO_x) na fabricação de materiais de construção. Bem como a contribuição para a poluição global com as emissões de gases causadores do efeito estufa (CO_2 , CH_4 , etc.) e destruidores da camada de Ozônio (CFC's) (SPENCE, 1995). A extração de recursos juntamente com a poluição gerada altera significativamente o meio ambiente trazendo consequências como a alteração do clima da Terra.

¹ Instituto Americano de pesquisas dedicadas às preocupações ambientais globais.

A população mundial em meados de 2005 era estimada em 6,5 milhões de habitantes e com uma taxa de crescimento otimista que aponta para uma população de 8,5 milhões de habitantes em 2035. Em 1992 a *National Academy of Sciences and the Royal Society of London* declarou que "Se o crescimento da população se mantiver nos níveis atualmente previstos, a maior parte do mundo irá experimentar uma degradação ambiental irreversível e contínua pobreza.". Esta afirmação resulta do estudo tanto da taxa de crescimento populacional quanto dos níveis de consumo de recursos (FERNÁNDES-SOLÍS, 2007).

Entre 2009 e 2016, a taxa de crescimento das famílias brasileiras será mais que o dobro da taxa de crescimento populacional. O número de domicílios no país aumentará a um ritmo ainda maior, pois além de atender as novas famílias que se formarão o país tem que dar conta também do passivo representado por um déficit habitacional de 5,8 milhões de famílias (ABRAMAT²).

Frente ao fato de que a indústria da construção civil consome uma grande parte dos recursos naturais, que a população mundial está crescendo significativamente e que esta população possui um nível alto de consumo de recursos, mais estudos referentes à eficiência energética em edificações devem ser considerados.

1.4.3 Econômica

As construções sustentáveis têm como premissa o acompanhamento do projeto desde o seu planejamento. A análise crítica de um projeto anteriormente à sua execução permite a escolha das melhores alternativas, materiais construtivos, recursos energéticos e processos utilizados a serem aplicadas na edificação em termos ambientais e econômicos. Uma vez que a estrutura está pronta é mais difícil e menos econômico reduzir os gastos com energia e água utilizada do que quando o edifício já é planejado levando em consideração a eficiência destes recursos (ROODMAN, 1995). Este planejamento inicial é importante do ponto de vista econômico, pois se podem visualizar os investimentos no projeto que inicialmente são mais altos, porém possuem um retorno financeiro em longo prazo. Por exemplo,

² Associação Brasileira de materiais de construção, boletim de Análise Setorial Novembro de 2010 divulgado em 15.12.2010

a escolha de um material da edificação que traga economia com gastos energéticos operacionais no futuro.

Publicações do *World Energy Council*³ mostram os benefícios econômicos dos investimentos em isolamento térmico realizados na Europa (Quadro 1).

Quadro 1 - Benefícios de investimentos em isolamento térmico

	Casa (120m²)	Edifício (1400m²)
Diminuição no consumo de energia	214 → 74 kWh/m ² /ano	118 → 56 kWh/m ² /ano
Investimento Custo médio com materiais e mão de obra para o isolamento térmico (Europa)	€ 22.000	€ 143.000
Poupança de energia por ano (0,1€/kWh)	€ 1.680	€ 8.680
Payback (Período de retorno)	17,5 anos	25,6 anos

Fonte: Energy and Urban Innovation, WORLD ENERGY CONCIL (2010)

1.4.4 Tecnológica

A justificativa tecnológica da execução deste trabalho se insere no fato de que as soluções tecnológicas para a eficiência energética de equipamentos e aparelhos utilizados nos edifícios, e fabricação de materiais mais eficazes para isolamento podem permitir que o consumo de energia operacional da edificação diminua, mudando o foco da preocupação para o consumo de energia embutida nas edificações, a qual pode superar a energia operacional em alguns casos.

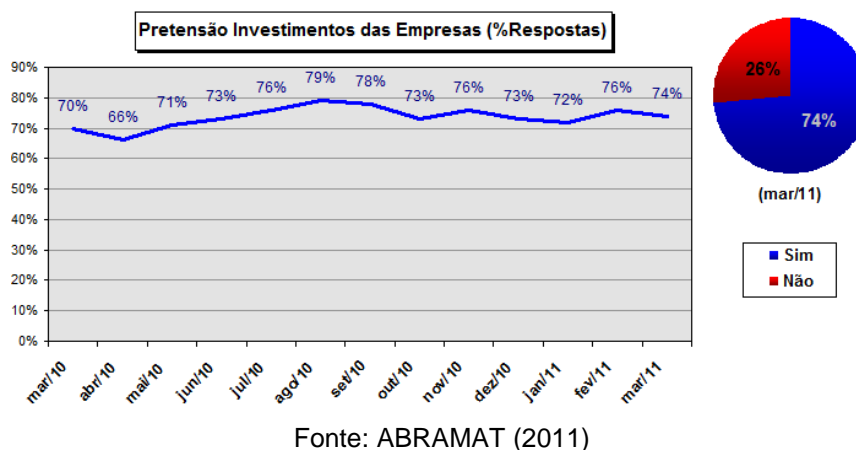
Outra justificativa é referente ao crescimento no setor da construção civil nos últimos anos. Em 2008, a taxa de crescimento do produto interno bruto da construção civil no Paraná foi de 7,92%, a segunda maior taxa para as atividades (IPARDES⁴), o que resultará em um maior investimento das indústrias de materiais

³ Publicação *Energy and Urban Inovation*, Setembro de 2010.

⁴ Instituto paranaense de desenvolvimento econômico e social, Indicadores econômicos Valor Adicionado Bruto, Participação e Taxa de Crescimento, segundo as Atividades Econômicas, no Paraná - 2002-2008.

da construção civil em novas tecnologias, máquinas e equipamentos. Uma pesquisa da Associação Brasileira de Materiais de Construção (Gráfico 1) apontou 74% das empresas investindo em materiais de construção nos 12 meses de março de 2010 a março de 2011 (ABRAMAT⁵). Novas tecnologias aplicadas na produção de materiais de construção implicam em modificações nas energias embutidas dos materiais utilizados nas edificações. Indicando uma necessidade de existir cada vez mais estudos investindo em energia embutida.

Gráfico 1 - Investimento das empresas em materiais de construção



1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

A análise da energia embutida nos materiais que compõem o mobiliário de um escritório será limitada em uma avaliação do berço ao portão (*cradle-to-gate*), ou seja, os materiais serão estudados desde a extração de matéria prima e fabricação (caracterizando energia embutida de fabricação), transporte até a fábrica de montagem, energia consumida para montagem de mobiliário em MDF, transporte até a edificação e transporte até a destinação final. Não será contabilizada neste estudo a energia gasta para destinação final dos materiais.

⁵ Associação Brasileira de materiais de construção, boletim Termômetro mês de março de 2011.

1.6 ESTRUTURAÇÃO

A presente dissertação está estruturada da seguinte maneira: O Capítulo 2 contempla uma revisão bibliográfica realizada com o maior número possível de fontes confiáveis a respeito de conceitos de análise de ciclo de vida energético, energia embutida em edificações, energia embutida em mobiliário, o mercado e o processo produtivo dos painéis de fibra de madeira (MDF) no Brasil, e sistemas de certificação ambiental que engloba mobiliário. Nesta revisão também serão abordados os métodos de obtenção da intensidade energética dos materiais e metodologias já aplicadas por alguns autores para o cálculo da energia embutida em materiais. Para efeito de comparação de resultados também é feita uma seleção de valores para energia embutida em edificações resultantes de estudos brasileiros.

O capítulo 3 apresenta a metodologia completa utilizada nesta pesquisa incluindo as planilhas a serem preenchidas para obtenção dos resultados. A fábrica Maragno Móveis Planejados, que apoiou esta pesquisa, é apresentada com um breve relato da sua história de formação. A seleção do mobiliário a ser estudados e a determinação da sua vida útil também é divulgada neste capítulo.

O capítulo 4 é de resultados, começa com a apresentação dos dados coletados na fábrica visitada, como maquinário e equipamentos utilizados no processo produtivo de montagem de mobiliário, consumo de energia elétrica mensal pela fábrica e número de pedidos atendidos mensalmente. É onde se encontram os resultados de energia embutida no mobiliário obtido após inserir os dados coletados dentro da metodologia escolhida pela autora. Possui uma tabela resumida dos dados e resultados encontrados sendo que no Apêndice B a tabela integral pode ser visualizada. Na sequência, são estimados os demais valores da energia embutida na edificação hipotética, a qual comportaria o projeto dos móveis planejados. É estimada também a energia operacional desta edificação a fim de serem comparadas com a primeira energia embutida calculada, do mobiliário.

No capítulo 5 há uma discussão sobre os resultados encontrados e também sobre o atendimento ao objetivo proposto no início deste trabalho. Neste capítulo se disserta a respeito das conclusões e considerações finais do trabalho, há a visão crítica da autora quanto à metodologia versus resultados obtidos bem como sugestões para trabalhos futuros, os quais podem aprimorar resultados de energia

embutida no mobiliário e enriquecer mais o meio acadêmico a respeito deste assunto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo fornecer um embasamento teórico para a presente pesquisa. O capítulo dois apresenta os conceitos relevantes, citados por diversos autores, referentes ao assunto estudado neste trabalho. Começa explicando de uma maneira geral a origem da análise de ciclo de vida energético, introduzindo este conceito em edificações e posteriormente especifica um item desta análise que é a energia embutida. Neste momento os métodos para cálculo desta energia são apresentados. Neste trabalho a energia embutida de mobiliário específico em MDF será estudada, portanto, também é mostrado o processo de fabricação dos painéis de MDF, que é a matéria prima do mobiliário avaliado.

O capítulo também abrange, em uma última parte, a rotulagem ambiental do mobiliário.

2.1 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA E ANÁLISE ENERGÉTICA

Na busca da origem e interpretação dos impactos gerados a partir da produção de bens e serviços são desenvolvidas as análises de ciclo de vida – ACV (TAVARES, 2006). Estas análises foram desenvolvidas principalmente para a criação de produtos com baixo impacto ambiental e podem ser citados também alguns dos inúmeros objetivos específicos:

- Melhoria contínua nos produtos finais;
- Auxílio na tomada de decisões referentes aos projetos de produtos;
- Elaboração de políticas públicas;
- Evitar a transferência de poluição de uma empresa à outra, chamada de externalidade dos custos;
- Marketing;
- Comparação de características entre dois produtos;
- Determinação da energia embutida de um produto;

A análise de ciclo de vida organizada em procedimentos e padrões internacionais foi inicialmente apresentada na década de 1990 em um *workshop*

realizado pela SETAC denominado Metodologia do Inventário do Ciclo de Vida. Posteriormente em 1997 foi fundamentada pelas Normas ISO 14.000 através da versão ISO 14.040. No Brasil, em 2001 foi lançada a versão traduzida para o português e atualmente as ISO que estão relacionadas com a ACV são:

- ABNT NBR ISO 14040:2009
Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estruturas
- ABNT NBR ISO 14044:2009
Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações (ABCV, 2013).

A análise de ciclo de vida, ou avaliação do ciclo de vida, este último mais utilizado atualmente porque insere um caráter subjetivo o que significa dizer que esta técnica requer considerações próprias do autor do estudo. É composta de quatro fases: definição do objetivo e escopo; análise de inventário; avaliação do impacto no ciclo de vida e interpretação dos resultados (NBR ISO 14040, 2001) (UGAYA, 2011).

Sendo que o objetivo e escopo da ACV devem englobar os itens ambientais do produto ou serviço estudado e dentre as categorias de impactos estudadas estão: mudanças climáticas, acidificação, eutrofização, destruição da camada de ozônio, uso do solo, qualidade do ecossistema, saúde humana, uso de recursos.

A ACV, para que seja conduzida corretamente e com confiabilidade, é extensa e pode demandar de muitos recursos além de tempo para ser concluída com sucesso. Para o presente estudo o item ambiental de maior importância é o consumo de energia, e este pode ser o principal fator de impacto em um estudo de ciclo de vida (FAY, 1999). O consumo energético é um parâmetro importante para tomada de decisões mais sustentáveis na escolha de materiais e produtos (ABEYSUNDARA *et al.*, 2009). De acordo com Silveira *et al.* (2000 *apud* KALBUSCH *et al.*, 2012), a questão energética é primordial para o planejamento baseado nas premissas da sustentabilidade.

A preocupação com a conservação de energia se tornou pública após a primeira grande alta do preço do petróleo em 1973, quando cresceu o interesse nos trabalhos que envolviam a determinação da energia nos bens e serviços. Tornou-se então necessário o estabelecimento de definições e metodologias neste tipo de avaliação, em 1974 a IFIAS, sigla do inglês *International Federation of Institutes for Advanced Studies*, em um workshop realizado na Suécia propôs a análise

energética através de um esquema com os níveis de energia a serem considerados em cada processo de produção de um bem ou serviço. Também definiu a unidade de megajoule (MJ) como a unidade de apresentação da energia. A análise energética mede os RTE, Requisitos Totais de Energia para a manufatura do produto. E os níveis de energia considerados são:

- Nível 1: Mede os processos de energia direta consumida na fabricação do produto (edificação). É menor do que 50% dos RTEs;
- Nível 2: Energia indireta, consumida para a manufatura dos materiais de construção é aproximadamente 40% dos requisitos totais de energia;
- Nível 3: Energia indireta, consumida para fabricar bens de capital, por exemplo: Maquinários utilizados no processo de produção (construção) do produto;
- Nível 4: Energia indireta do nível 3 que é adotada como muito pequena, ou seja, energia consumida para fabricação dos materiais que compõem os maquinários; (IFIAS, 1974, *apud* TRELOAR, 1998).

2.2 ANÁLISE EM EDIFICAÇÕES

Edifícios são construídos com uma variedade de materiais de construção. Cada um dos quais consome energia em todas as suas fases, extração de matéria-prima, fabricação, transporte, bem como a sua desmontagem, e eliminação. Da mesma forma, cada edificação consome energia durante o seu ciclo de vida, como nas fases de construção, uso demolição e disposição final (DIXIT *et al.*, 2012).

A expressão “avaliação de ciclo de vida em edificações” se refere ao estudo de todos os estágios por onde passam os materiais de construção, os quais compõem o edifício, desde a sua produção até a demolição da edificação, sendo que em todas essas fases há demanda de energia (ADALBERTH, 1997). Em termos de ACV os edifícios podem ser considerados como produtos complexos que possuem uma vida longa, muitas vezes sofrem alterações, possuem múltiplas funções, contêm vários componentes, são integrados com a infraestrutura local e os limites dos sistemas não são claros, ou seja, fazer uma ACV completa de um edifício não é um processo simples (BRIBIÁN, 2009). A ACV em edificações é uma ferramenta que possibilita identificação de aspectos ambientais e impactos

potenciais causados no uso de energia e matéria nas três fases da edificação, construção, uso e demolição, isto é do “berço ao túmulo” (NBR ISO 14.040, 2001).

Assim, impactos negativos podem ser minimizados ou prevenidos através da substituição de materiais e recursos a serem utilizados durante a vida útil do projeto. Outra utilidade da análise de ciclo de vida é a identificação de oportunidades na redução de custos durante as fases do edifício.

No estudo dos resultados de ACVs é recorrente que os impactos relativos ao consumo de energia sejam significativos (FAY, 1999). A forma de energia consumida pela edificação pode ser dividida em dois tipos, energia primária e energia secundária. A energia secundária é a energia entregue na edificação e consumida diretamente pelo usuário, eletricidade por exemplo. A energia primária é a energia gasta para produção desta energia entregue, secundária, e varia de acordo com a matriz energética do país, tipo de combustível utilizado e os meios de produção (centrais termelétricas, hidrelétricas, painéis solares fotovoltaicos, etc.), é dividida em energia de fonte renovável e fonte não renovável.

Na análise energética proposta pela IFIAS, a obtenção dos RTEs inclui os gastos com a transformação da energia secundária em primária que é expressa pela razão da quantidade de energia primária pela quantidade de energia secundária gerada, chamada de Requisitos Energéticos de Energia (REE). O valor é igual a um quando a eficiência do sistema de conversão é 100%.

O cálculo proposto pela IFIAS para obtenção dos RTEs depende de muitos detalhes e muito tempo sendo considerado complexo. Com a intenção de facilitar a análise energética o conceito de energia embutida é aceito, o qual seria o total dos requisitos energéticos nos dois primeiros níveis do esquema da IFIAS, citados acima, porém sem totalizar as conversões energéticas a partir dos REE (TAVARES, 2006). Com esta abordagem surge a análise de ciclo de vida energética de uma edificação (ACVE), a qual consiste na energia embutida inicial (extração de material, fabricação, transporte, processo de montagem e demolição), energia recorrente, que é a energia embutida consumida na reposição de itens e reformas, ou energia de manutenção, e energia de operação do edifício (FAY *et al.*, 2000). Ou seja, ACVE pode ser calculada pela Equação (1) apresentada a seguir.

$$ACVE = EE_T + EE_R + EO \quad (1)$$

Onde,

ACVE é a Análise de Ciclo de Vida Energético;

EE_T é a Energia embutida total;

EE_R é a Energia embutida recorrente durante a vida útil da edificação;

EO é a Energia operacional consumida na vida útil da edificação (FAY, 1999).

A ACVE é a avaliação que considera como parâmetro apenas a energia consumida pela edificação durante a sua vida e não substitui uma ferramenta mais ampla de avaliação ambiental como a ACV, mas sim, auxilia na tomada de decisões referentes à eficiência energética do projeto. Por exemplo, a escolha de um determinado material para construção da edificação que melhora o isolamento do ambiente pode possuir uma energia embutida alta, porém, pode economizar na energia operacional gasta com conforto térmico no futuro.

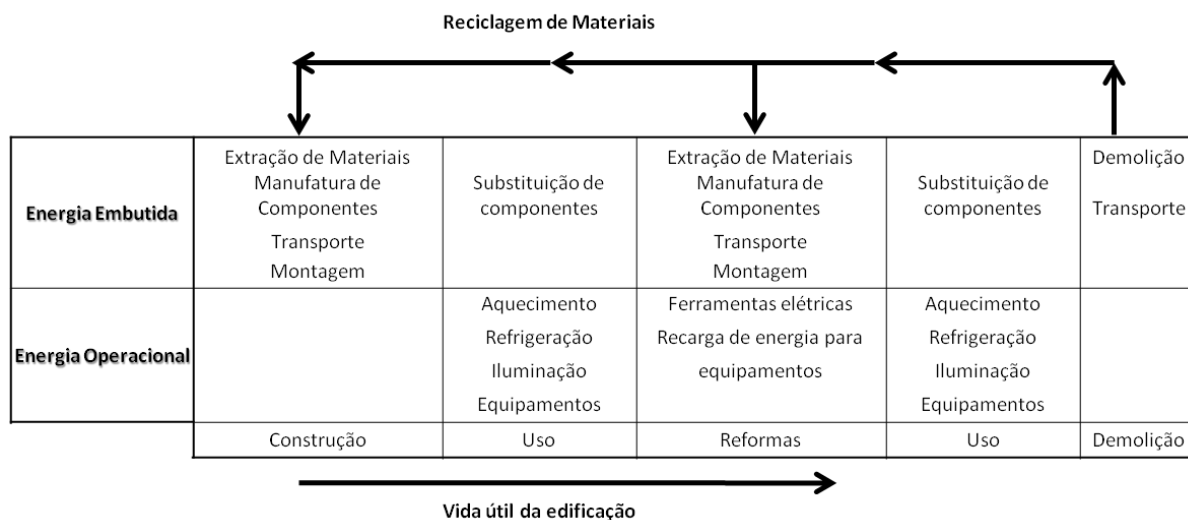
A abordagem de ciclo de vida em edificações está começando a ser considerada, embora ainda não seja uma prática formal, incluindo dimensões que foram negligenciadas no passado. Ao longo dos últimos quarenta anos o principal motor da sustentabilidade nas edificações tem sido a economia de energia. Lições do passado revelaram que o foco na economia de energia levou, em alguns casos, a problemas com saúde, conforto e durabilidade. Atualmente deve-se pensar em todas as dimensões de sustentabilidade para se projetar uma edificação, dimensão econômica, social e ambiental.

O consumo de energia em edificações depende de dois fatores:

- 1.Os critérios exigidos no ambiente interno da edificação;
- 2.O projeto de construção dos sistemas e respectivas performances bem como restrições impostas pelo local e localização (MORA *et al.*, 2011).

A Figura 1 mostra um esquema com os componentes indicativos da energia embutida e operacional dentro do ciclo de vida de uma edificação (YOHANIS, 2002).

Figura 1 - Energia embutida e operacional dentro da ACV da edificação



Fonte: YOHANIS (2002)

A energia embutida em materiais substituídos em manutenções ou reformas na reabilitação de edifícios consiste na energia embutida recorrente (RAMESH, *et al* 2010).

A energia consumida durante o processo de construção (montagem) da edificação inclui os gastos com maquinário, iluminação e também o uso da energia humana. Esta última varia de acordo com os métodos de construção utilizados e tem um pequeno impacto no resultado total do cálculo de energia consumida. Assume-se que uma pessoa utiliza 0,38 MJ/h no erguimento de uma residência, em média o consumo é de 270-540 MJ (BERGE, 2009 p.20).

A energia despendida para a demolição de uma edificação é contabilizada na energia embutida total (RAMESH, *et al*. 2010). Na demolição e disposição de uma construção a energia despendida é de aproximadamente 5% da energia inicial, porém valores menores podem ser considerados no caso de edificações projetadas para fácil desmontagem. (BERGE, 2009 p.21). Quando a reciclagem dos materiais é considerada a energia de demolição pode ser contabilizada em outro estudo, no lugar da energia de fabricação de materiais.

2.3 ENERGIA EMBUTIDA

2.3.1 Energia embutida em edificações

A energia embutida inclui todas as fases desde a extração da matéria-prima até o material estar pronto para ser entregue pelo fabricante (THORMARK, 2002).

Outra definição mais completa de energia embutida é dada por Baird (1994); Edward and Stewart (1994); Howard and Roberts (1995); Lawson (1996); Cole and Kernan (1996) e Ding (2004) *apud* Dixit (2010) é que a energia embutida compreende a energia consumida durante a extração, processamento e transporte da matéria-prima, manufatura dos materiais de construção e também componentes e energia utilizada pelos vários processos durante a construção e demolição do edifício. Estatísticas da Administração de Informações dos Estados Unidos (2003) combinaram a energia necessária para operar residências e edifícios comerciais com a energia embutida de materiais de construção como vidro, aço, cerâmica, concreto e revelaram que os edifícios são os maiores consumidores de energia e emissores de gases causadores do efeito estufa (ORTIZ, 2009).

A relação entre a energia consumida na operação dos edifícios e os gases do efeito estufa é conhecida. No entanto, de também haver consumo de energia na fabricação de materiais de construção, transporte e montagem em edifícios, estas fases são negligenciadas durante a análise do desempenho energético de edifícios (L.PÉREZ-LOMBARD, 2004 *apud* KOWOROLA *et al.*, 2009). Fazendo uma comparação entre a energia embutida e a energia de operação nas edificações durante sua vida útil, Yohanis (2002) mostra que para em um período de 25 anos da edificação a energia embutida inicial pode chegar a 67% da energia operacional e que após alguns anos a energia embutida inicial somada à recorrente pode ultrapassar a energia operacional da edificação. Thormark (2002) diz que a energia embutida total, incluindo reformas e manutenção durante a vida útil, pode chegar até a 40% do total de energia consumida em um ciclo de vida de 50 anos. Kofoworola *et al.* (2009) indicam que a energia embutida representa 15% da energia de operação de 50 anos da edificação, sendo muito significativa, pois é equivalente há 11 anos da energia necessária para operação.

Pode-se considerar que a demanda de energia de operação da edificação está diminuindo juntamente com a melhoria de técnicas utilizadas para isolamento

da envoltória da construção, melhoria de soluções técnicas, etc. Estas medidas irão aumentar o peso da energia consumida na fase de produção do edifício. Deste modo, se torna cada vez mais importante considerar as outras fontes de consumo de energia no ciclo de vida da edificação além da fase de operação, como a energia embutida. Porém está só pode ser diminuída se materiais e produtos que possuam menos consumo energético no seu ciclo de vida sejam selecionados para compor a edificação (DIXIT *et al.*, 2012).

Nos últimos 15 anos, alguns pesquisadores australianos têm realçado em seus trabalhos a importância do estudo integrado da energia operacional e da energia embutida em edificações como exemplo Fay e Treloar, 1999 (Mithraratne, 2004). Outros autores ao redor do mundo também estudaram a relação de energia embutida com a energia operacional da edificação, e, assim como neste trabalho, em edificações comerciais. Entre eles estão Stein *et al.* (1981) nos Estados Unidos, Gardiner and Theobald (1990) no Reino Unido (*apud* Cole, 1996), Honey and Buchanan (1994) na Nova Zelândia; Oka *et al.* (1993) no Japão; Cole (1996) no Canadá; Junnila *et al.* (2006) nos Estados Unidos e Europa, Kofoworola (2009) na Tailândia; Xing *et al.* (2008) e Wu *et al.* (2012) na China; Dimoudi (2008) na Grécia; Ramesh *et al.* (2010) na Índia;

No Brasil autores como Mascaró (1980) (*apud* ROMERO 1995), Romero (1995) e Tavares (2006) também estudaram a respeito de energia embutida consumida pelas edificações.

2.3.2 A energia embutida em edificações na bibliografia brasileira

Na sequência, são apresentados alguns estudos brasileiros de energia embutida em edificações. Foram encontrados, através de pesquisa bibliográfica, alguns resultados para energia embutida de materiais utilizados na edificação, exceto mobiliários, porém, em sua maioria edificações residenciais. Dentre os estudos para a energia embutida em materiais de construção de edificações constituídas basicamente de alvenaria, estão: CETEC/MG (1982.); Guimarães (1985); Sperb (2000); Kuhn (2006); Tavares (2006); Lobo (2010).

Em 1982 a Fundação Centro Tecnológico Minas Gerais (CETEC/MG) foi uma das precursoras do estudo de energia embutida em edificações. Considerou os materiais de construção mais utilizados em Minas Gerais na época. A energia

embutida para residências ficou com 1,00 GJ/m² e as edificações comerciais apresentaram um maior consumo energético, **2,19 GJ/m²** (Brasil, 1982 apud Lobo, 2010).

Inicialmente Guimarães (1985 apud SPERB, 2000) encontra o valor de 114.6 MJ ou **2,48 GJ/m²** de área construída para o consumo energético devido à produção de materiais de construção utilizados em uma habitação popular. O modelo de habitação utilizado por Guimarães é do tipo COHAB – CP 1 II (DEPEA/BNH) com 46,1 m² de área construída.

Sperb (2000) realizou uma análise do conteúdo energético e também gastos com transporte de todos os materiais que compõem um tipo de habitação construída com interesse social localizada na vila tecnológica de Porto Alegre. A habitação é composta por uma estrutura metálica de aço, chapa dobrada formada por pilares, vigas e cobertura. O fechamento da habitação é em alvenaria convencional em blocos cerâmicos de seis furos, revestimento em argamassa sem utilização de azulejos. A cobertura é constituída por uma estrutura metálica, ripas de madeira e telhas de cerâmica, sem a utilização de forro. Possui dois pavimentos e uma área construída de 52,6 m².

O consumo energético com transporte de materiais equivale a 2.983 MJ ou **56,7 MJ/m²** de área construída. Para o conteúdo energético embutido nos materiais de construções a autora encontrou 85.490 MJ ou **1,63 GJ/m²** de área construída, ou seja, um total de **1,68 GJ/m²** de área construída.

Ainda no Brasil, Kuhn (2006) avaliou a sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada. Dentre os itens de sustentabilidade está o conteúdo energético dos materiais de construção do protótipo e do transporte destes materiais de construção. O protótipo é constituído por uma área construída de 50,5 m² e o estudo realizado considera os subsistemas de fundação, pisos, paredes e estrutura em alvenaria e aço com revestimentos. Esquadrias em madeira com barra de aço para segurança, venezianas nas janelas, e vidro transparente. Cobertura composta pelas vigas de concreto que também desempenham função de amarração das paredes, madeiras, folhas de alumínio para isolamento e telhas cerâmicas não esmaltadas. No modelo também há dois pergolados compostos por madeira e granito.

Kuhn (2006) encontra um valor de 5.001 MJ para energia consumida no transporte dos materiais de construção, ou **96,4 MJ/m²**. A energia embutida em

todos os materiais de construção do protótipo é igual a 112.041 MJ ou **2,22 GJ/m²**. Totalizando um consumo energético de **2,32 GJ/m²**. Ressalta-se que neste estudo não foram considerados os gastos com instalações elétricas e hidrossanitárias.

A autora afirma que o conteúdo energético das edificações apresenta imprecisões quantitativas decorrentes das fontes de origem dos índices energéticos adotados. Outra divergência apontada pela autora é com relação à época em que os dados de cada material foram coletados, quanto mais atuais mais preciso é o resultado, se considerada a tecnologia atual e mais eficiente no mercado.

Tavares (2006), dentre outros modelos, calculou a energia embutida de uma edificação residencial empírica com projeto desenvolvido a partir da NBR 12.721 e em pesquisas que envolveram a descrição do perfil com maior ocorrência das residências brasileiras. O projeto do modelo (1) tem como característica área de 63 m², estrutura em concreto armado, paredes constituídas de blocos cerâmicos oito furos (9 cm x 19 cm x 19 cm) com 14 cm de espessura (9 cm de bloco, 2,5 cm de reboco interno mais 2,5 cm de reboco externo), pintura, azulejo na cozinha e banheiro, cobertura com laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado, recoberta com telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira, esquadrias de ferro nas janelas, portas em madeira, piso cerâmico na cozinha e banheiro e madeira nos demais cômodos.

Tavares (2006) encontrou um total de **7,07 GJ/m²** de energia embutida total dos quais **4,63 GJ/m²** de energia embutida inicial, sendo **290 MJ/m²** destes o gasto energético para transporte dos materiais mais **2,44 GJ/m²** de energia embutida recorrente. É o único dos estudos apresentados que considera a energia embutida dos materiais utilizados na fase de uso da edificação, ou seja, materiais utilizados para reformas e reposição.

Também dentre os estudos nacionais pode-se citar Lobo (2010) que calcula a energia embutida de uma edificação real executada para fins públicos.

Com processos construtivos tradicionais para a realidade brasileira, a construção é em alvenaria, concreto armado, cobertura com estrutura de madeira e telhas cerâmicas, planejada em módulos e composta por 180 m².

O autor utilizou uma ferramenta e inventário desenvolvido por ele, encontrou uma energia embutida total para a fase pré-operacional de **4,23 GJ/m²**. O cálculo envolveu o estudo da energia embutida desde a extração de matérias-primas, fabricação dos materiais de construção, alguns transportes envolvidos e consumo de

energia nos processos de construção de 12 etapas das atividades construtivas implantação, instalações preliminares, concreto armado, alvenaria, esquadrias, impermeabilização, cobertura, instalações elétricas, inst. hidráulicas, revestimentos, pintura e limpeza. O autor não considerou o transporte dos trabalhadores nas obras. Não foi considerada a energia embutida recorrente para reposição de materiais e manutenção da edificação na fase de operação.

Pode-se visualizar na Tabela 1 um resumo dos valores para Energia Embutida em Edificações obtidas por autores brasileiros.

Tabela 1 - Resumo de valores para EE de edificações nacionais encontrados na bibliografia

Autor	Área (m ²)	EE _{inicial} (GJ/m ²)	EE _{transporte} (GJ/m ²)	EE _{Total} (GJ/m ²)	Obs.
CETEC/MG (1982)	-	2,19	-	2,19	Edificação comercial
Guimarães (1985)	46,1	2,48	-	2,48	Não Inclui EE _{transporte}
Sperb (2000)	52,6	1,63	0,057	1,69	-
Kuhn (2006)	50,5	2,22	0,096	2,32	Não considera a EE de instalações elétricas e hidrossanitárias
Tavares (2006)	63	6,78	0,29	7,07	Considera EE _{inicial} e o único a contar com EE _{recorrente}
Lobo (2010)	180	4,23	-	4,23	Considera desde extração de matéria-prima até pintura e limpeza da obra.
Média				3,33	

Fonte: AUTORA

Este item da pesquisa tem como objetivo comprovar que os estudos variam bastante conforme a época e região em que foram realizados, os limites englobados nos trabalhos, os materiais que compõem e também a finalidade de cada edificação. Construções de interesse social tendem a se constituir de materiais menos elaborados, enquanto edificações comerciais podem possuir maior quantidade de materiais quando considerados os acabamentos. Cabe ressaltar aqui a afirmação de Aye (2012) de que os estudos baseados em análise de processos (praticamente todos acima citados) possuem divergências devido à

delimitação dos limites da ACV, que é dependente do ponto de vista de quem executa a análise.

A pesquisa na bibliografia também pode mostrar uma proporção de estudos no Brasil a respeito de energia embutida em cima de edificações residenciais e comerciais, ou seja, enquanto se encontra seis autores abordando edificações residenciais há apenas um pesquisando as comerciais.

2.3.2 O conceito de vida útil técnica e vida útil estética

A vida útil é definida como o período de tempo em que o produto/material apresenta um desempenho adequado. Caso o vida útil de um material seja considerada pequena ele pode não ser a opção mais ecológica, mesmo que seja um produto com baixo impacto ambiental durante sua produção, pois, sendo necessária sua rápida substituição o seu impacto ambiental negativo se multiplica também (CBCS, 2009).

Quanto à energia embutida recorrente, referente à substituição de materiais e/ou reformas, cabe citar os conceitos de vida útil apresentados por Adalberth, 1996, que sugere o termo vida útil técnica quando o produto é substituído por estar desgastado ou caduco. No caso de substituição dos produtos devido às tendências de moda ou por necessidade do usuário de os substituírem, a vida útil é denominada estética. Autores citam tais termos como obsolescência percebida, programada. KAZAZIAN *et al.* (2005) denominam obsolescência programada ou planejada aquela em que os fabricantes utilizam como estratégia de *marketing* o final da vida útil do produto, obrigando os consumidores a adquirirem os novos. Neste caso é a vida útil técnica do produto que chega ao fim, o que os produtores fazem é diminuir o intervalo entre as compras de um produto devido a sua falha, quebra ou inutilidade.

A obsolescência percebida é aquela em que o produto ainda é útil e possui funcionalidade, porém o mercado lança os mesmos produtos com nova aparência ou pequenas diferença funcionais que fazem com que o consumidor sinta que possui produtos ultrapassados induzindo, então, a troca (PARANÁ, 2013).

A seguir segue uma média das vidas úteis dos materiais que compõem uma edificação, Quadro 2.

Quadro 2 - Média das vidas úteis dos materiais e sistemas da edificação

MATERIAL / SERVIÇO	VIDA ÚTIL MÉDIA (anos)
Concreto armado	5 a 50 ou mais
Aço	5 a 50 ou mais
Pedra argamassada	5 a 100 ou mais
Alvenaria/cerâmica revestida	20 a 50
Pintura de fachada	2 a 8
Revestimento externo (emboço)	5 a 10
Impermeabilização (dependendo da tecnologia)	5 a 8
Tubo de ferro fundido	30
Tubo de cobre	30 a 50
Tubo PVC	50 ou mais
Instalação elétrica	30 a 50
Instalação hidráulica	15 a 30
Madeira maciça exposta ao tempo	2 a 10
Madeira de lei exposta ao tempo	10 a 30
Telha cerâmica	50 a 100 ou mais
Telha de fibrocimento	20 a 50

Fonte: REVISTA CONDOMÍNIO & ETC (2008)

2.3.3 Cálculo da energia embutida

As pesquisas realizadas nos anos noventa sob a forma de inventários de energia embutida e metodologia para cálculo desta energia são incompletas e imprecisas, e os dados sofrem de imprecisão e falta de confiabilidade. Este problema é devido à variabilidade dos parâmetros, escolha das fases do produto para análise de energia embutida, e também devido à metodologia utilizada para o estudo (DIXIT, 2010).

Estudos demonstram que as avaliações de energia embutida possuem uma considerável variação nos resultados, Dixit *et al.* (2012) calcularam um desvio padrão de 1,56 GJ/m² e 5,4 GJ/m² nos valores de energia embutida para edifícios residências e comerciais respectivamente. Esta variação se dá por inúmeros fatores influenciáveis no resultado final da energia embutida, como, por exemplo, a localização geográfica onde é realizado, matriz energética considerada, processo produtivo utilizado na fabricação dos materiais, ano do estudo, fonte de dados, delimitação das fronteiras da análise, entre outros. Cole (1996) também conclui em sua pesquisa que os valores para energia embutida apresentados por diversos

estudos diferem entre eles devido ao uso de dados mais recentes em alguns deles. Porém, tais resultados de energia embutida inicial são importantes, pois fornecem um guia, com intervalos aceitos para energia embutida em edifícios comerciais, e reforçam a importância de se focar na energia embutida dos materiais, sistemas e componentes da edificação (COLE 1996).

O cálculo da energia embutida pode ser realizado através de vários métodos, entre eles o método de análise de processos, análise estatística e análise de matrizes insumo-produto sendo que o último é utilizado para processos ou produtos que possuem entradas e saídas de energia bem definidas. No caso de análise de ciclo de vida energético de uma edificação o ideal é utilizar um modelo híbrido que combine as vantagens dos dois métodos, por exemplo, análise de matrizes insumo-produto e análise de processos (KOFOWOROLA, 2009).

Treloar (1998) realizou um estudo o qual desenvolve uma matriz utilizada para cálculo da energia embutida que evita a incompletude apresentada no método de análise de processos e a falta de confiabilidade do método matriz insumo-produto (DIXIT 2010). O método sugerido por Treloar em 1998 é a extração dos caminhos de energia direta na análise de matrizes insumo-produto.

2.3.3.1 Análise de processos

Este método foca na quantificação de energia consumida para cada processo de produção do produto principal e utiliza como base o esquema da IFIAS para levantamento dos dados energéticos, nível 1 e nível 2, e a avaliação de ciclo de vida energético. As informações referentes ao consumo de energia são definidas por unidade de produto, é um método que utiliza dados do processo de produção do produto e da localização específica para fornecer a energia embutida a partir dos respectivos fabricantes e fornecedores. Este método apresenta resultados acurados e relevantes, porém é considerado trabalhoso e a obtenção dos dados é demorada.

Um dos inconvenientes deste método é que se pode negligenciar algum caminho de energia indireta consumida, uma vez que os limites do processo de produção são dependentes do ponto de vista de quem está executando a análise. Ou seja, é uma abordagem que sofre imperfeição sistêmica (AYE, 2012).

Seguem alguns modelos utilizados por alguns autores para cálculo da energia embutida de materiais ligados à construção civil através da análise de processos:

Adalberth (1997) descreve um método para cálculo de energia consumida no ciclo de vida da edificação (2) e foi aplicado em três unidades de habitações na Suécia, que envolve:

$$Q_{\text{ciclo de vida}} = Q_{\text{manufatura mat.}} + Q_{\text{transporte.materiais.}} + Q_{\text{erguer edificação.}} + Q_{\text{operação}} + Q_{\text{reforma}} + Q_{\text{demolição}} + Q_{\text{transporte de entulhos.}} \quad (2)$$

Onde Q são as energias.

Shukla *et al.* (2008) utilizam um método para cálculo de energia embutida em casas de tijolo adobe através do volume dos materiais utilizados na construção das casas (3). Com os volumes de cada material é possível conhecer as suas massas, as quais são multiplicadas pela energia embutida unitária de cada material, que pode ser obtida na literatura. A energia embutida total da casa é fornecida pelo somatório das massas de todos os materiais multiplicados pelas respectivas energias.

$$E_T = \sum_{i=1}^x (V_i^{ext} - V_i^{int}) \times \rho_i E_i \quad (3)$$

Onde,

E é a energia embutida (MJ/Kg) dos materiais, V é o volume da estrutura (m^3), ρ é a densidade do material (kg/m^3), T é a energia embutida total, ext é o volume externo, int é o volume interno e i são as diferentes partes da casa (produto estudado).

Gustavsson *et al.* (2010) calculam a energia embutida de uma edificação construída em Växjö na Suécia com oito andares e estrutura em madeira utilizando diretamente o modelo (4):

$$EB = E_{\text{produção}} - E_{\text{subprodutos}}, \quad (4)$$

Sendo,

$$E_{\text{produção}} = \sum_i \left\{ \sum_k [F_{i,k} \times (1 + \alpha_k)] + \frac{L_i}{n} + B_i \right\}$$

Onde $E_{\text{produção}}$ é a energia primária total usada para produção do material (kWh); i são os tipos de materiais; F é a utilização final de energia de combustíveis fósseis usada para extração, processamento e transporte (kWh); k é o tipo de

combustível fóssil; α é o ciclo energético do combustível fóssil; L é a utilização final de eletricidade usada para extração, processamento e transporte (kWh_e); η é a eficiência de conversão para produção de eletricidade; B é o calor específico dos biocombustíveis utilizados para processamento dos materiais (kWh).

A $E_{\text{subprodutos}}$ é a energia de resíduos que podem ser reconsiderados no sistema como biomassa (kWh).

$$E_{\text{subprodutos}} = \sum_j \{M_j \times H_j \times [1 - \beta_j \times (1 - \alpha_{\text{diesel}})]\}$$

j são os diferentes tipos de resíduos; M é a massa do resíduo recuperado, H é o calor específico; β é a energia do Diesel necessária; α é o ciclo energético do Diesel.

Para aplicação deste modelo em mobiliário seria preciso que já estivessem publicados os estudos detalhados das energias primárias ligadas à produção de móveis no Brasil, o que não ocorre, pois, este assunto é novo principalmente no Brasil. Outro problema deste método aplicado aqui no Brasil é que a Matriz Energética Brasileira é bem diversificada, dificultando o acesso aos dados de eficiência na conversão destes insumos em energia e calor específico dos biocombustíveis.

2.3.3.2 Análise estatística

Utiliza dados estatísticos publicados por indústrias particulares. É um método rápido e eficiente quando as fontes são confiáveis (ALCORN, 1996). Devido ao grande peso da energia consumida nos seus processos de fabricação algumas fábricas e indústrias brasileiras discriminam adequadamente as informações de energia embutida nos materiais produzidos (TAVARES, 2006).

2.3.3.3 Análise por matrizes insumo x produto

Utiliza informações estatísticas nacionais compiladas pelo governo com o propósito de analisar o fluxo econômico entre os setores. Este fluxo econômico pode ser traduzido em fluxo de energia, energia embutida, utilizando tarifas médias de energia e destacando os produtores e consumidores de energia nos setores. A partir destes dados constroem-se as matrizes de impacto (matriz direta, matriz de Leontief). Onde estarão descritas as quantidades de moedas requeridas em matéria-

prima pelos setores em relação à quantidade de moeda adquirida pelo produto final (TRELOAR, 1998).

A matriz direta fornece valores requisitados diretamente enquanto a matriz de Leontief fornece os valores diretos e indiretos. A falta de dados de produção nos setores da economia de um país é um dos pontos fracos deste método.

Treloar (1998) sugere um método de extração, nas matrizes de insumo-produto, dos principais caminhos de energia consumida durante a produção do produto ou bens. Estes caminhos de energia representam o fluxo da energia de um setor da economia para outro em cada atividade. A energia direta da produção está ligada a apenas um caminho de energia enquanto a energia indireta compreende dezenas de caminhos.

Segundo Tavares (2006), no Brasil, no ano de 2006, as matrizes de impacto intersetorial relacionavam 43 setores da economia (IBGE, 1999), (na pesquisa do IBGE divulgada em 2007 as matrizes de insumo-produto no Brasil relacionam 55 setores econômicos), porém estas não discriminam adequadamente os setores energéticos, o que dificulta sobremaneira aplicação do método na sua essência. Para aplicação em mobiliário seria necessário que os setores específicos envolvidos na indústria moveleira estivessem detalhados.

2.3.3.4 Análise híbrida

Esta metodologia busca aproveitar os pontos fortes das análises citadas acima, combinando dois métodos. É uma metodologia aplicada para produtos complexos como edificações. Os modelos híbridos mais comuns estudados por autores são os que mesclam a análise de processos com a análise por matrizes de insumo x produto. Tavares (2006) desenvolveu um método híbrido, Tabela 2, que combina a análise de processos com a análise estatística. A energia embutida dos materiais é fornecida pelo somatório das energias embutidas na fabricação de cada material em MJ/Kg, energia embutida para transporte MJ/t/Km e energia embutida nos desperdícios.

Tabela 2- Exemplo de tabela utilizada no método híbrido de Tavares (2006)

Material	Unidade	Quantidade	Total (Kg)	EE _{fab} (MJ/kg)	EE _{Material}	Transporte (MJ/Kg.Km)	Distância	EE _{Transp.}	Desperdício	EE _{Desp}	Transp. Desp.	EE _{Transp.Desp}	EE _{Total}
----------	---------	------------	------------	---------------------------	------------------------	-----------------------	-----------	-----------------------	-------------	--------------------	---------------	---------------------------	---------------------

Fonte: Adaptado TAVARES (2006)

2.3.4 Energia embutida no mobiliário

Compreende-se que as peças de mobiliário e acessório como, por exemplo, parafusos, ganchos, pés de apoio e suportes possuem uma energia embutida significativa para o estudo do ciclo de vida energético nas edificações, pois, estas peças são frequentemente substituídas ao longo da vida útil do edifício, denomina-se energia embutida recorrente (MCCOUBRIE *et al.* 1996).

Mesmo sabendo-se que devido à alta reposição do mobiliário a energia embutida pode ser significativa, muitas vezes estes elementos não são incluídos nas avaliações de ciclo de vida energético. Das avaliações de energia em edificações citadas acima em 2.3.1 e 2.3.2, raramente se contempla o mobiliário como parte da edificação.

Há uma pesquisa realizada por Treloar, McCoubrie, Love e Usha (1999) que estima a energia embutida em mobiliário comercial através do método matrizes de insumo x produto e concluem que a energia embutida em mobiliário, acessórios e equipamentos é um dos mais importantes elementos da análise do ciclo de vida energético de uma edificação, principalmente devido às muitas substituições necessárias nestas peças durante a vida útil da construção. Em 2004 Mithraratne N. e Vale B. publicaram um modelo de ACVE para casas na Nova Zelândia o qual inclui o mobiliário no estudo e indica que estes influenciam significativamente na energia total. Este modelo é executado por um software desenvolvido pela Universidade de Auckland.

No entanto, há muitos autores que não consideram a energia embutida no mobiliário na avaliação do ciclo de vida energético total do edifício. Por este motivo, a AVCE nas edificações podem apresentar resultados diferentes quando analisados por diferentes autores.

A energia embutida inicial avaliada para uma edificação pode ser maior ou menor que a energia embutida recorrente durante a vida útil da edificação. Esta energia recorrente está associada com a energia pertencente às reformas e reparos no edifício. Uma vez que esta energia recorrente é considerada significativa, o planejamento do projeto deve focar em materiais de alta durabilidade (COLE, 1996).

A energia embutida de mobiliário e acessórios de edificações compreende a energia direta e indireta. A energia indireta é composta pelos inúmeros processos de produção e fornecimento de bens e serviços durante a fabricação. Similarmente, a energia direta é aquela energia consumida pelas empresas de construção na montagem de aparelhos, acessórios e peças de mobiliário e em funções auxiliares como: administrativas, armazenamento e transporte (TRELOAR *et al*, 1999).

Para o cálculo da energia embutida no mobiliário o seguinte procedimento pode ser seguido:

- Calcula-se a intensidade energética (conteúdo energético) de cada peça que compõe o mobiliário, é a quantidade de energia consumida para a sua produção.
- Calcula-se uma taxa que represente as substituições dos elementos da edificação em porcentagem durante a sua vida útil $R(\%)$.

No caso da utilização da análise de processos e análise estatística como método para cálculo da energia embutida, a intensidade energética adquirida pode ser composta da energia direta e indireta juntas, enquanto que no método de matrizes insumo x produto estas duas energias podem ser separadas. A energia embutida direta, então, é adquirida multiplicando a energia embutida de produção por um coeficiente, o qual pode resultar em uma energia direta de até 15% da energia embutida total (GJ/peça) (Treloar *et al*. 1999).

Somando-se a energia embutida total das peças, obtém-se a energia embutida total de todo mobiliário da edificação em GJ. Conhecendo a área bruta do edifício m^2 , se pode calcular a quantidade de energia embutida existente para o mobiliário em GJ/ m^2 .

$$EE_{\text{mobiliário } i} = I_{(\text{mobiliário } i)} \cdot (q_i) \quad (5)$$

Onde,

$EE_{\text{mobiliário } i}$ é a energia embutida contida em um tipo de mobiliário i ;

$I_{(\text{mobiliário } i)}$ é a intensidade energética de determinado tipo de mobiliário i ;

q é a quantidade de peças existentes deste tipo de mobiliário i na edificação.

$$E_{Tm} = \sum EE_{\text{mobiliário } i} \quad (6)$$

Onde,

EE_{Tm} é a energia embutida total contida em todos os mobiliário da edificação;

A energia embutida recorrente do mobiliário é calculada multiplicando a energia embutida total do mobiliário (EE_{Tm}) pela taxa de substituição ($R_{\text{mobiliário}}$) (RAMESH *et al.* 2010).

$$EE_R = EE_{Tm} \cdot R_{\text{mobiliário}} \quad (7)$$

Onde,

$R_{\text{mobiliário}}$ = Taxa de substituição de mobiliário;

Sendo,

$$R_{\text{mobiliário}} = \left(\frac{V_e}{V_{\text{mobiliário}}} \right) - 1 \quad (8)$$

Onde,

V_e é a vida útil da edificação em que está inserido o mobiliário;

$V_{\text{mobiliário}}$ é a vida útil estimada para mobiliário (ADALBERTH, 1997);

2.4 ROTULAGEM AMBIENTAL DE MOBILIÁRIO

Na Conferência das Nações Unidas de 1992 (Rio 92) gerou-se um consenso geral em integrar as questões ambientais com processos de fabricação e padrões de consumo com o fim de atingir o desenvolvimento sustentável, referenciando-se à importância da rotulagem ambiental. Desde então, sistemas de certificação realizada através de ONGs e também empresas privadas têm surgido com maior frequência.

O escopo dos aspectos ambientais a serem considerados no mobiliário para rotulagem é amplo e depende da natureza do móvel, porém todos consideram a

ACV dos produtos, ou parte deste ciclo, para estudar e garantir a sustentabilidade do produto no aspecto ambiental.

Madeira, metais e plásticos são matérias primas comuns na fabricação de móveis para escritório. O mobiliário também pode conter substâncias prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Durante o descarte de resíduos sólidos gerados na sua fabricação ou mesmo as destinações finais destes móveis podem liberar compostos nocivos e tóxicos quando em contato com água nos aterros. Para móveis compostos de madeira, o principal problema são os compostos orgânicos voláteis (COVs) contidos nos diversos tipos de revestimentos utilizados nos aglomerados. Materiais usados na manufatura, tratamento e instalação podem conter COVs, por exemplo, o metanal (formaldeído) composto na cola usada nas chapas e painéis de madeira, que são absorvidos pela madeira e posteriormente o mobiliário se torna uma fonte secundária de emissão deste composto cancerígeno (PARIKKA-ALHOLA, 2008).

A rotulagem ambiental pode ser uma ferramenta utilizada para se ter a garantia de que o mobiliário consome menos energia na sua fabricação e/ou que são compostos por materiais ambientalmente corretos. Segundo a definição da ABNT (2011), rotulagem ambiental é:

“Certificação de produtos/serviços com qualidade ambiental, que atesta, através de uma marca colocada no produto ou na embalagem, que determinado produto/serviço (adequado ao uso) apresenta menor impacto ambiental em relação a outros produtos ‘comparáveis’ disponíveis no mercado.”

No caso de selos mundiais para certificar o mobiliário são citados exemplos na sequência:

a) Blue Angel – Foi iniciado pelo governo alemão e promove a preocupação com o meio ambiente e a defesa do consumidor. Para mobiliário prioriza os que possuem revestimento de madeira e os que são fabricados com madeira proveniente de florestas geridas de forma sustentável.

b) ANAB – Associazione Nazionale Architettura Bioecologica – Selo italiano que leva em consideração materiais produzidos a partir de recursos renováveis, a viabilidade de posterior reciclagem, utilização de matérias primas locais e que não são compostos de substâncias perigosas para o homem e para o meio ambiente.

- c) **Level** – Certificação Norte-americana administrada pela BIFMA – *Business and Institutional Furniture Manufacturers Association* – e leva em consideração as ações sociais realizadas pelo fabricante de mobiliário, utilização de energia, seleção de materiais, impactos na saúde e meio ambiente.
- d) **ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas – uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como único foro nacional de normalização. No caso de mobiliário, documentos com critérios para certificação ambiental ainda estão em fase de desenvolvimento, porém apenas para divisórias e arquivos deslizantes.
- e) **SustentaX** – É um selo desenvolvido pelo grupo Sustentax, empresa que iniciou suas atividades em 1996 no ramo de energia e em 2006 se especializou na certificação de sustentabilidade de empreendimentos. Em 2008 certificou os primeiros produtos com o selo SustentaX, o qual garante qualidade e sustentabilidade para os produtos do mercado da construção civil. O selo considera critérios como salubridade, qualidade, responsabilidade social, responsabilidade ambiental, economia, segurança, comunicação com o consumidor, regularização jurídico-fiscal. É baseado nas diretrizes da NBR ISO 14.024 para rotulagem ambiental. Atualmente mobiliário que possuem o selo são cadeiras e arquivos deslizantes.

2.5 MOBILIÁRIO EM PAINÉIS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)

Painéis de madeira são definidos segundo o BNDES em seu estudo “Painéis de Madeira no Brasil: panorama e perspectivas” (2008) como estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação, que são aglutinadas pela ação de pressão e temperatura, com uso de resinas em alguns casos. Esse tipo de produto substitui a madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis e pisos.

A modernização tecnológica do parque fabril na indústria de madeiras proporciona uma variedade de painéis de madeira no mercado que atendem a diversos fins.

Torquato (2008) afirma que “*Entre esta gama de painéis estão aqueles formados a partir de fibras de madeira, caracterizados pela sua estrutura altamente*

homogênea e isotrópica, devido ao seu processo de produção. São os painéis de fibras de madeira que, em função da utilização de fibras de madeira individualizadas e com disposição aleatória em seu plano, oferecem grandes vantagens na homogeneidade das propriedades". Com relação às propriedades de resistência, o MDF, sigla de abreviação do inglês *medium density fiberboard* (fibra de média densidade), apresenta maior ligação interna e resistência ao arranque de parafusos.

Na década de 50 deu-se início no Brasil a produção do painel de fibra, e tal produção foi voltada para painéis isolantes e chapas duras, os painéis em MDF passaram a ser produzidos aqui a partir de 1998. Atualmente, o Brasil possui uma participação significativa na produção mundial de painéis de fibras, com destaque na produção de MDF (IWAKIRI, 2005). Complementando esta afirmação, o BNDS (2008) aponta uma perspectiva bastante positiva para o mercado de painéis de madeira, sendo que o segmento de chapa de fibra será mantido estável enquanto o segmento de compensado deverá vencer os desafios impostos pela queda de exportações dos últimos anos.

Em 2001, o consumo de madeira no Brasil foi estimado pela Sociedade Brasileira de Silvicultura em 400 milhões m³/ano. Sendo que 300 milhões m³/ano referem-se ao consumo de florestas nativas e plantadas para todos os fins, e 100 milhões m³/ano são de florestas plantadas para uso industrial. Para painéis e aglomerados de madeira, há um aumento considerado equilibrado no Brasil entre a produção e no consumo. Conforme a Figura 2 a produção total cresceu 18,1% entre 1997 e 2001, acompanhada de uma expansão acelerada de painéis em MDF no total produzido (cerca de 112,3% no período). O crescimento do seu consumo foi um pouco menos acelerado, registrando também um aumento mais significativo no conjunto do consumo de painéis sobre os aglomerados (SEBRAE, 2008).

Figura 2 - Produção e consumo de painéis de madeira no Brasil

Ano/Produção	1997	1998	1999	2000	2001	% a.a
Produção	1.254	1.480	1.857	2.143	2.442	18,1
Aglomerado	1.224	1.313	1.500	1.762	1.833	10,6
MDF	30	167	357	381	609	112,3
Consumo	1.438	1.506	1.824	2.151	2.500	14,8
Aglomerado	1.295	1.322	1.473	1.762	1.871	9,6
MDF	143	184	351	389	629	44,8

Fonte: ABIPA (2012)

Os painéis MDF são chapas fabricadas a partir de fibras de madeira aglutinadas por meio de resina, com ação do calor e pressão. A densidade das placas MDF varia entre 0,5 e 0,8 g/cm³. As matérias primas utilizadas para fabricação das chapas MDF no Brasil são madeiras de florestas 100% plantadas. Geralmente preferem-se as madeiras denominadas *softwoods* as quais são advindas de árvores coníferas devido a sua coloração mais clara, fibras mais longas com paredes celulares mais finas e são menos densas, não perdem as folhas e possuem um crescimento rápido, é o caso das árvores das espécies de *pinus* (TORQUATO, 2008).

No Brasil têm se produzido painéis mistos em que as principais espécies são *pinus* e *eucaliptos* em diversas proporções, uma das proporções mais utilizadas na mistura é de 70% de fibras de *pinus* com 30% de fibras de *eucaliptos* conforme especificações de fabricantes.

O plantio de *pinus* e *eucaliptos* é normalmente realizado em áreas de reflorestamento, e o corte raso de eucalipto para celulose acontece após sete anos do seu plantio e o desbaste de *pinus* começa a ocorrer entre nove e dez anos depois de plantados. Para a indústria moveleira, tais prazos são maiores: a idade mínima para corte das espécies *eucaliptos* é doze anos e para o *pinus*, entre quinze e dezoito anos. A maior parcela da produção de madeira é destinada aos segmentos industriais de celulose e papel e siderurgia (na fabricação do carvão vegetal), restando uma menor parte para suprimento da produção moveleira.

Em 2005, a área de plantio florestal, registrada pelo Programa Nacional de Florestas⁶ teve um acréscimo de 553 mil hectares entre novas áreas e renovação de florestas já plantadas. Apesar de o resultado ser 18,9% superior à área de replantio de 2004, 51% foram destinados para celulose e papel e siderurgia; já as florestas, voltadas para a fabricação de painéis de madeira utilizados na indústria moveleira, totalizaram apenas 10% do total (55 mil hectares).

Na indústria brasileira de móveis, o uso de madeira reflorestada está crescendo. As empresas estão se alinhando às restrições ecológicas, e produzindo móveis utilizando o *pinus* e o *eucaliptos* como matérias primas básicas para o mercado nacional ou então para a exportação. O crescimento diferenciado do MDF frente ao aglomerado tradicional vem refletindo essa tendência (SEBRAE, 2008).

2.5.1 Processo produtivo

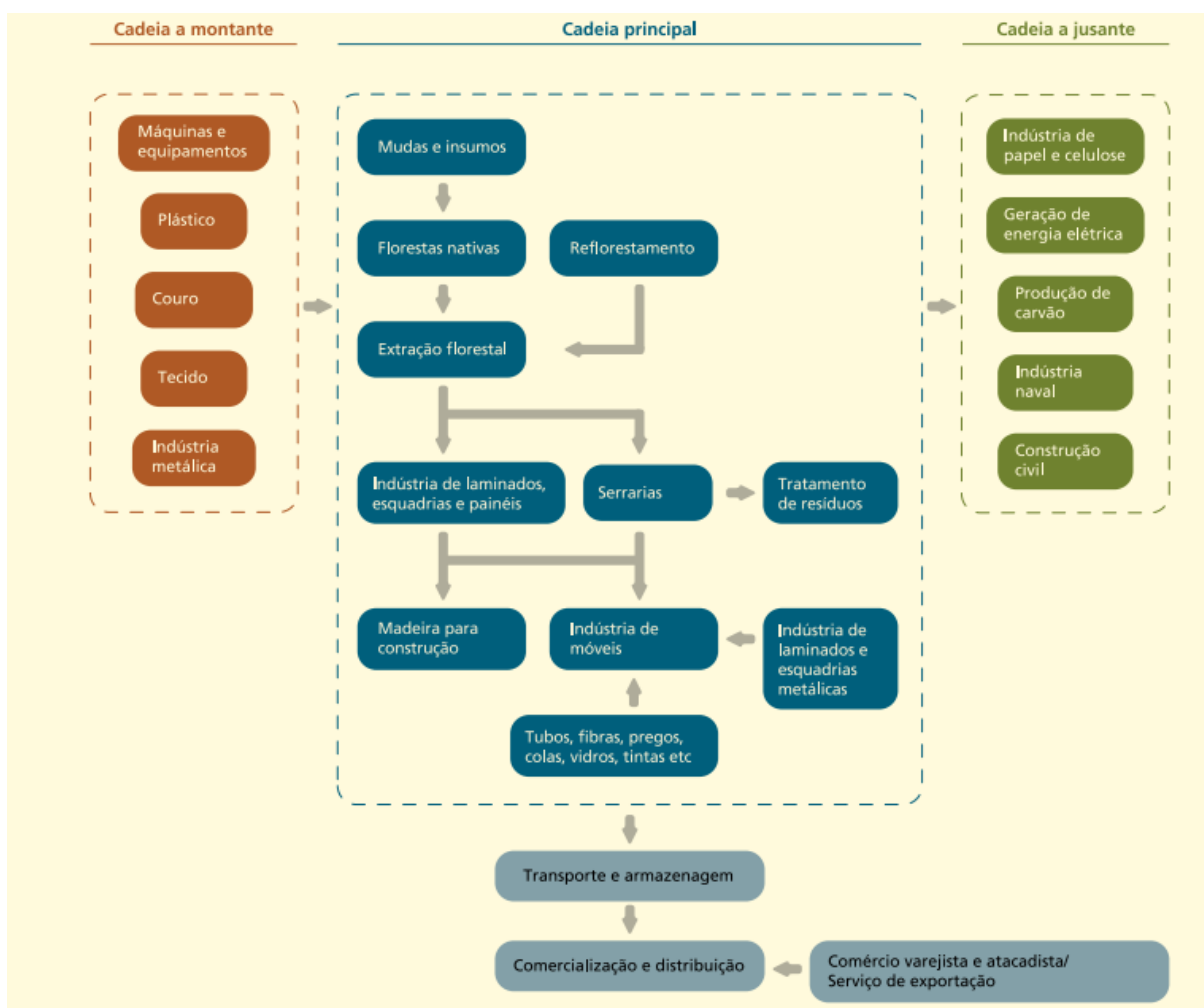
A cadeia produtiva é a malha de interações entre atividades e segmentos produtivos que direcionam a produção de bens e serviços. Para o mobiliário, a cadeia produtiva a ser apresentada foi desenvolvida através de fontes principais e visão de empresários e técnicos do estado de Pernambuco, entrevistados durante a MOVEXPO 2007, Feira Nacional de Móveis para a região Nordeste e então divulgada através de um relatório elaborado pelo SEBRAE em 2008. A MOVEXPO é considerada hoje uma das principais feiras do segmento mobiliário no Brasil e já na sua segunda edição atraiu a visita de 20.500 visitantes, vindos de 24 estados brasileiros e de sete países estrangeiros: Líbano, Guatemala, República Dominicana, Espanha, Emirados Árabes, Colômbia e Uruguai. Em 2013 será realizada a quinta edição em Olinda, Pernambuco (MOVEXPO, 2012).

O relatório do SEBRAE (2008), gerado após a pesquisa a respeito da cadeia produtiva madeiro – moveleira, apresenta que a produção de mobiliário em madeira organiza-se em três blocos distintos, sendo que a cadeia principal é a qual possui as atividades centrais da produção, a cadeia montante é composta pelos insumos fundamentais necessários na cadeia central e a terceira cadeia a jusante é aquela que utiliza e se beneficia dos produtos da indústria madeiro-moveleira (Figura 3).

6

Programa Nacional de Florestas: instituído pelo Decreto nº 3420 do Ministério do Meio Ambiente, em 20 de abril de 2000, visando à “promoção do desenvolvimento sustentável, combinando a exploração com a proteção dos ecossistemas e a compatibilização da política florestal com os demais setores, de modo a promover a ampliação do mercado interno e o desenvolvimento do setor”.

Figura 3 - Produção e consumo de painéis de madeira no Brasil



Fonte: ABIPA (2012)

Na cadeia principal a indústria de laminados, esquadrias e dos painéis configura-se como insumo básico para a indústria moveleira. Os blocos de madeira sólida (compensados e lâminas) e os reconstituídos (aglomerados, MDF, chapas, OSB e HDF) são considerados os produtos mais importantes deste elo.

Na presente dissertação são considerados os painéis em MDF. Para se obter os blocos de madeira reconstituída, chapas de MDF, primeiramente devem ser quebradas as ligações entre as fibras de madeira para a obtenção dos compostos de fibras que formarão o painel.

A fórmula mais simples é moer as fibras por atrito através da ação de discos. A moagem, ou refinamento, como é chamado geralmente, pode ser aumentado por água, cozimento a vapor, ou tratamentos químicos. Cozinhar a lignocelulose enfraquece as ligações da lignina entre as fibras celulósicas. Em consequência, as

fibras são separadas mais facilmente e geralmente menos danificadas do que as fibras processadas por métodos secos. Os painéis em MDF são classificados como tipo S-2-S, o que significa que possuem duas faces lisas (IWAKIRI, 2005).

A descrição detalhada do processo de produção das chapas de MDF é apresentada a seguir e foi retirada da Revista da Madeira (2003), também citado por Campos (2004), Figura 4, inclui principalmente: desfibramento mecânico da madeira, refino das fibras, secagem, mistura das fibras com resina, formação de colchão de um material resinado e prensado com calor. As sequências das etapas são:

- a) Descascamento** – A casca nas toras de madeira é retirada, ação denominada falquejo. Sendo que o tamanho das toras de madeira não influencia na obtenção das fibras;
- b) Fragmentação** – Geração de cavacos ou partículas de madeira a partir de picadores, os cavacos são então classificados, pois, no processo produtivo não é possível obter cavacos do mesmo tamanho, portanto há uma separação das peças maiores por peneiramento e em seguida retornam ao picador;
- c) Armazenamento dos cavacos;**
- d) Tratamento dos cavacos** – Amolecimento da madeira para facilitar a operação do desfibrador na formação da polpa, reduzindo seu consumo energético. A lignina das camadas intercelulares é amolecida, perdendo a capacidade de retenção das fibras, o que resulta em uma polpa de fibras mais resistente e flexível formando chapas mais rígidas;
- e) Desfibramento** – As fibras são obtidas por meio de desfibradores mecânicos ou aumento de pressão nos cavacos;
- f) Mistura de Resina** – A Resina, o catalisador e alguns aditivos são misturados à matéria prima. As resinas mais utilizadas são à base de uréia-formaldeído, melanina-uréia-formaldeído e tanino-formaldeído;
- g) Secagem das fibras** – Retira-se a umidade das fibras para evitar problemas quando a manta formada for prensada a quente;
- h) Armazenamento das fibras** – Em um silo de fibras ou também chamado de tanque pulmão as fibras são acumuladas em um volume adequado para posterior formação das mantas (entrelaçamento);

- i) **Entrelaçamento das fibras** – Formação de um colchão de fibras a seco a partir da suspensão das fibras no ar. O sistema formador da manta tem um bico de oscilação lateral que descarrega as fibras sobre uma cinta porosa de avanço contínuo, cujo fundo é dotado de um sistema de sucção, que mantém as fibras unidas.
- j) **Seccionamento** – O sistema de seccionamento muda conforme o tipo de linha de formação, que é o conjunto de equipamentos cujas operações dão a forma final ao MDF. Quando o processo de secagem é intermitente, a manta é cortada por lâminas circulares não dentadas e, em seguida, encaminhada às operações de pré-prensagem e prensagem a quente;
- k) **Pré-compressão** – A pré-prensagem evita possíveis desmanches ou deslizamentos das fibras da manta durante a prensagem a quente;
- l) **Prensagem** – Para cada sistema de prensagem, existe um tipo de linha de formação. A injeção do vapor durante a prensagem permite um aquecimento quase instantâneo da manta, resultando numa cura mais eficiente da resina, permitindo a manufatura das chapas de elevadas espessuras;
- m) **Resfriamento** – É efetuado para evitar variações dimensionais da chapa após o aquecimento. Normalmente, são resfriadas à temperatura ambiente, protegidas das intempéries, onde o tempo depende do tipo de linha de formação utilizada;
- n) **Corte, lixamento e revestimento** – O corte é feito procurando estabelecer a medidas dos painéis de MDF, conforme padrões estabelecidos. O lixamento está diretamente relacionado à preparação da superfície das chapas, para acabamentos finais;

Figura 4 - Esquema de produção das chapas de MDF



Fonte: CASTRO (2000) *apud* CAMPOS (2004)

Como acabamento final as chapas de MDF podem ser *in natura*; pintadas, revestidas com laminado de baixa pressão (BP) ou *finish folish* (FF) também chamado de lâmina ecológica (LE). Sendo que o painel *in natura* é aquele que não recebe nenhum acabamento e é finalizado pelo próprio usuário com pinturas, impressões diretas, PVC, revestimento com lâminas de madeira ou plástica, entre outros.

Os painéis pintados são pintados ou laqueados com tintas com brilho ou semi-foscas de cores sólidas, madeiradas ou fantasia. No acabamento dos painéis com revestimento de laminado de baixa pressão (BP) é aplicado uma lâmina celulósica impregnada com resina melamínica que com alta temperatura e pressão é fundida aos painéis de madeira, resultando em um painel pronto para uso. O BP apresenta um fechamento de alta resistência a riscos e manchas nas superfícies e reduz a proliferação de micro organismos.

No revestimento com *finish folish* (FF) ou Lâmina ecológica (LE) uma lâmina de papel especial envernizada é laminada sobre o MDF por meio de processo de temperatura e pressão (ABIPA, 2012).

2.5.2 Uso dos painéis de madeira de média densidade (MDF)

O uso mais comum para as chapas de MDF é a fabricação de móveis, devido a sua estrutura, tais chapas permitem a usinagem, portanto também admitem a confecção de portas usinadas, pés torneados de mesas, caixas de som, fundos de gavetas e armários. São utilizadas também na construção civil em pisos, rodapés, porta almofadas, divisórias, batentes e peças torneadas em geral (BNDS, 2008). Segundo Iwakiri (2005) a utilização de painéis MDF destina-se principalmente à indústria moveleira, para fabricação de componentes de móveis. Na construção civil podem ser utilizados como pisos finos, rodapés, portas usinadas, batentes de portas entre outros.

2.6. ASPECTOS RELEVANTES NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica do trabalho apresentou conceitos e informações relevantes para situar o leitor nos assuntos a serem discutidos e aprofundados durante a pesquisa. O trabalho é baseado no estudo de energia embutida, portanto tal conceito, bem como a forma de adquirir e calcular esta energia são importantes de serem considerados. O entendimento de análise de ciclo de vida energético de uma edificação é da mesma forma, relevante para compreensão do objetivo desta dissertação.

A seguir, no capítulo da Metodologia, serão definidas as estratégias de pesquisa utilizadas para obtenção de dados, e os métodos desenvolvidos para compilação e interpretação dos dados. Também neste capítulo é apresentada a empresa parceira desta pesquisa, a qual foi essencial para fornecimento de informações relevantes para conclusão do trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PESQUISA

3.1.1 Unidade de análise e delimitação do trabalho

A unidade de análise é o mobiliário em MDF comumente utilizado em escritórios comerciais.

Serão considerados móveis planejados em MDF. A energia embutida do mobiliário será calculada através da avaliação da fabricação dos materiais que compõem os móveis, da montagem dos componentes dos móveis e do transporte, portanto não serão consideradas as energias para destinação final dos materiais que compõem o mobiliário.

3.1.2 Justificativa da escolha da estratégia

A pesquisa é definida com característica fixa, pois possui uma abordagem quantitativa referente ao valor da energia embutida nos móveis, e possui um perfil descritivo exploratório. O objetivo do trabalho é entender o comportamento da energia incorporada no mobiliário dentro da análise de ciclo de vida total da edificação, portanto, é considerado como uma pesquisa descritiva. Adicionando o fato que as variáveis envolvidas, no cálculo da energia embutida, não podem ser manipuladas, então o projeto tem característica fixa não experimental (ROBSON, 2002).

A estratégia utilizada na pesquisa é a relacional, ou seja, em um primeiro momento é realizada uma descrição de dados quantitativos para responder ao problema “o quanto” de energia embutida há no mobiliário. Após isto, é efetuada uma comparação relacionando a energia embutida no mobiliário com os itens de consumo na edificação comercial para saber “como” é a influência dos móveis dentro do edifício.

3.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

O protocolo de coleta de dados foi montado a fim de ser seguido durante a execução da pesquisa para que o seu objetivo seja atingido, e também para garantir a rastreabilidade do trabalho. Isto permite que outra pessoa repita os mesmos passos do pesquisador e obtenha os mesmos resultados.

Trata-se de uma pesquisa não experimental com característica fixa. Sendo assim, a teoria que envolve o projeto deve ser conhecida previamente, tal teoria já foi explorada no Capítulo 2 de revisão bibliográfica, desenvolvendo a base para a metodologia a ser aplicada neste trabalho. Depois de conhecer a teoria sobre o assunto da pesquisa e escolher o melhor método a ser aplicado, a fim de se obter a energia embutida de mobiliário, o próximo passo é o real cálculo da energia embutida nos mobiliário selecionado. A pesquisa tem o apoio de uma loja de montagem e venda de móveis planejados em MDF.

A primeira etapa é descritiva e permite que se obtenha qual o quantitativo da energia contida nos móveis que compõem um escritório. Iniciou com o estudo dos processos produtivos da fábrica de mobiliário, caracterizando uma análise de processos, para cálculo da energia embutida na montagem dos módulos em MDF. Em seguida, um projeto de móveis planejados para um escritório comercial foi fornecido pela empresa. Os materiais que compõem tal projeto foram quantificados e as suas respectivas energias embutidas para extração de matéria prima, fabricação, e transporte foram pesquisadas e então consideradas neste estudo. A energia dos itens existentes no mobiliário que não são em MDF (ferragens) foi fornecida por dados estatísticos encontrados em pesquisas na bibliografia. A integração destes dois métodos, análise de processos e análise estatística, caracteriza um método híbrido.

Em um segundo momento, foi efetuada a interpretação dos resultados obtidos. Os valores para energia embutida dos materiais exceto mobiliário, energia recorrente de não mobiliário e energia de operação foram calculados, também através de informações da literatura. Consideraram-se casos em que os cenários de consumo destes tipos de energia são similares ao do escritório hipotético escolhido para esta dissertação. Esta última etapa tem perfil exploratório, e através da estratégia relacional é feita a comparação destes demais itens de energia

dito do material, incluindo transportes necessários para a sua produção. É a fabricação de todos os itens que dão entrada na fábrica de montagem dos móveis planejados. Estes dados energéticos são encontrados na bibliografia, em pesquisas de análise de ciclo de vida energético dos materiais, por exemplo, Tavares (2006) e ICE (2011), (Apêndice A), e, também, diretamente com fornecedores.

A energia embutida de montagem é considerada como aquela que é despendida para montar os módulos de MDF, os quais futuramente irão compor os ambientes planejados. Portanto, envolve desde a energia para corte e preparo das chapas de MDF, a instalação das ferragens como puxadores, dobradiças, trilhos, vidros, espelhos, entre outros, até o consumo energético do administrativo da fábrica. É um processo ligado diretamente com os módulos de MDF, por este motivo a energia de montagem contabilizada em um primeiro momento apenas no material MDF e posteriormente somada com a energia embutida total do mobiliário. Esta energia de montagem será obtida com visitas ao parque industrial, acompanhamento dos processos, recolhimento de alguns dados da fábrica de montagem e então compilação de tais dados.

A energia embutida de transporte de materiais é fornecida considerando o gasto de energia para: o trecho de transporte dos materiais na entrada no processo de montagem, desde o seu fornecedor até a fábrica de móveis; o trecho da fábrica de móveis até a edificação do cliente; o trecho da edificação do cliente até um suposto aterro sanitário para destinação final dos móveis ao final de sua vida útil.

3.4.1.1 Método para o cálculo da energia embutida na fabricação de mobiliário em MDF

Foi realizada a análise de todas as máquinas e equipamentos utilizados dentro da empresa descrevendo fatores como modelo, função e potência consumida pela máquina. A fábrica de móveis divulgou os pedidos liberados para fabricação, resultante das vendas concretizadas em quatro meses de funcionamento (Anexo A).

Este histórico contém informações a respeito de comprimento, largura, quantidade, cor da chapa e espessura de todas as peças cortadas neste mesmo intervalo de tempo, pois é o relatório utilizado pela fábrica para produção das peças a serem montadas e entregues.

O próximo passo foi analisar as faturas de energia destes quatro meses de operação da fábrica. Com esta informação é possível estimar a energia gasta para administração, armazenamento, corte, tratamento e montagem dos módulos em MDF com as ferragens já instaladas, estipulando um indicador de kWh/m² de MDF.

Cabe ressaltar que a espessura das chapas cortadas não influencia no gasto energético para corte e montagem das peças.

3.4.2 Relação entre itens de consumo de energia: energia embutida no mobiliário versus energia da edificação

A segunda etapa do estudo é a fase exploratória de interpretação e influência da energia embutida de mobiliário. Os resultados das demais energias embutidas consumidas nas edificações (energia embutida de não mobiliário e energia de operação) são comparados aos valores obtidos nos cálculos de energia embutida do mobiliário.

O objetivo desta segunda etapa é atribuir às energias que compõem a edificação, energia embutida de materiais exceto mobiliário e energia de operação. Para isto algumas considerações foram estipuladas.

Mazzarotto (2011) divulgou o perfil de edifícios comerciais em Curitiba com uma média de 19 pavimentos, sendo constituídos de unidades com área média de 37,43 m². A edificação para o qual o projeto de mobiliário foi desenvolvido possui uma área de 50,76 m², a qual está dentro dos valores pesquisados para escritórios comerciais em Curitiba segundo Mazzarotto (2011). Representa uma sala comercial dentro de um edifício, ou seja, uma unidade de escritório inserida em um edifício comercial.

- Foi suposto que a edificação, onde o projeto de móveis planejados está inserido, é uma construção formada por processos construtivos tradicionais do Brasil, em estrutura de concreto armado, com fechamento em alvenaria cerâmica utilizando argamassa. Este tipo de construção possui uma execução comum à realidade do limite geográfico do Paraná (LOBO, 2010). Os materiais de construção mais significativos para fins de cálculo de energia embutida total de uma edificação em termos de energia, quantidade e valor energético são: cimento, cerâmica vermelha, aço e cerâmica de revestimento (TAVARES, 2006).

- Para quantificação dos materiais de construção será considerada a Norma Brasileira 12.721:2005. Esta Norma estabelece os critérios para avaliação de custos unitários básicos, cálculo do rateio de construção e outras disposições correlatas, conforme as disposições fixadas e as exigências estabelecidas na Lei Federal 4.591 de 16 de dezembro de 1964, a qual dispõe sobre o condomínio de edificações e as incorporações imobiliárias. A Norma também apresenta tabelas que fornecem as quantidades de insumos, por metro quadrado de construção, derivados das relações completas de materiais, mão de obra, despesas administrativas e equipamentos, levantadas a partir das quantidades dos serviços considerados na formação do custo unitário básico dos projetos-padrão definidos nesta Norma. Como o presente trabalho se refere à edificação comercial, foi visto o projeto padrão comercial – normal. Considerando o perfil de prédios comerciais em Curitiba, então foram utilizadas as quantidades para lote básico comercial, salas e lojas de 16 pavimentos (Anexo B).

- Foi considerada uma distância média entre os fornecedores de materiais de construção e a edificação, obra, de 100 km.

- Com base em McCoubrie *et al.*(1996) a energia embutida recorrente para não mobiliário foi considerada 20% da energia embutida inicial.

A planilha utilizada para a análise contém os materiais por m² de construção estipulados com base na NBR 12.721:2005 (Tabela 4). Os materiais que não foram apresentados pela unidade de peso foram transformados em volume (m³) de material por m² e com a respectiva densidade obtêm-se o peso. Nos materiais como esquadrias, fechaduras, tinta, emulsão asfáltica e disjuntor o peso foi estimado com base na tese de Tavares (2006).

Com o peso dos materiais, calculou-se a energia embutida de fabricação (MJ/m²) a partir de valores de energias fornecidas (MJ/Kg) por referências apresentadas no Apêndice A. Também foram calculadas a energia embutida para transporte de materiais e desperdício (MJ/m²) e a energia embutida de desperdício (MJ/m²) conforme tais referências citadas.

Tabela 4 - Modelo de planilha utilizada para cálculo de EE de não mobiliário

MATERIAIS (por m ² de construção)	Unidade	Material/ m ² de construção	Volume (m ³) por m ² de construção	Densidade (kg/m ³)	Peso (kg)	EE (MJ/Kg)	EE (MJ/m ²) FABRICAÇÃO	Fator de Transporte - Distância média 100km (MJ/Kg)	EE(MJ/m ²) TRANSPORTE	% Desperdício	EE (MJ/m ²) desperdício	EE(MJ/m ²) Transporte de Desperdício	EE Total (MJ/m ²)
Total(MJ/m ²)													
Total(GJ/m ²)													

Fonte: AUTORA

Outro item de consumo de energia considerado para comparação com a energia embutida de mobiliário é a energia operacional da edificação. Como o objeto de estudo é um escritório comercial contabilizou-se apenas a energia elétrica. A simulação da energia operacional de um escritório comercial com vida útil de 50 anos foi concluída com o aplicativo da Companhia Paranaense de Energia, Copel. Este aplicativo pode ser acessado online na página da Copel⁷ e simula o consumo mensal de uma edificação composta por cômodos e equipamentos personalizados pelo próprio usuário.

3.5 FÁBRICA DE MONTAGEM DE MOBILIÁRIO EM MDF

A empresa selecionada para auxiliar na pesquisa é a *Maragno Móveis Planejados*, Figura 5, que possui uma fábrica de montagem de mobiliário em MDF na região de Curitiba-PR. É uma empresa fundada pela família Maragno, proveniente da região de Veneto, Norte da Itália, que chegou a Curitiba em 1878,

⁷ Simulador de consumo elétrico disponível em <http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>.

dedicando-se à agricultura. Porém, encorajada pela prosperidade do ciclo econômico da erva-mate, passou a dedicar-se à criação de tonéis produzidos de madeira, conhecidos como barricas. Logo, tais barricas passaram a ser utilizadas para o acondicionamento da erva-mate. O sucesso deste ciclo fez com que a família expandisse seus negócios para o setor moveleiro. A J.Marinho Indústria e Comércio de Móveis foi fundada em 1988 produzindo móveis a partir da marcenaria, mesas, cadeiras, esquadrias (portas e janelas) e alguns móveis sob medida, não havendo nenhuma ligação com o trabalho industrial.

A fabricação de móveis em marcenarias é diferente da de móveis planejados. No primeiro caso os móveis são produzidos quase que artesanalmente, sob medida e sob encomenda para o cliente podendo ter qualquer forma ou tamanho. No caso dos móveis planejados o processo é mais industrial, onde os móveis são produzidos a partir de módulos de tamanho e formatos já definidos, sendo o projeto do ambiente adaptado aos módulos existentes.

Devido às demandas do mercado e evoluções tecnológicas aproximadamente em 2000, a fábrica foi ampliada e iniciou-se um planejamento para desenvolver uma linha de produção para dedicar suas atividades a montagem de móveis planejados. Em 2001 foi inaugurada a loja e uma estrutura administrativa para apoiar a produção de móveis planejados. Entre 2004 e 2010 foi concluída a linha de produção modulada, a empresa trouxe para a fábrica tecnologias que possibilitam a produção em escala, mas mantêm nos móveis as características dos móveis sob medida. Há a possibilidade de alterar medidas de largura, altura e profundidade em 90% dos módulos fabricados.

A empresa produz móveis 100% em MDF revestidos com laminados, que saem em módulos pré-montados e são diretamente enviados para a residência do cliente, sem a necessidade de carregamento em depósitos de transportadoras. Os móveis são então montados conforme o projeto aprovado pelo cliente.

Figura 5 - Logotipo da empresa Maragno Móveis Planejados



Fonte: MARAGNO (2012)

Tal empresa foi escolhida, pois como a intenção neste estudo é o cálculo da energia embutida na fabricação dos móveis em MDF e a fábrica da empresa está localizada em Curitiba, acreditou-se que a energia embutida poderia ser mais baixa devido a esta questão. A empresa também possui outros itens de relevância ambiental que chamaram a atenção durante a pesquisa como: trabalho com chapas de 100% MDF provenientes de fornecedores certificados e com normas rigorosas de controle ambiental, reaproveitamento de sobras das chapas de MDF na fabricação dos móveis, implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS.

3.6 SELEÇÃO DO MOBILIÁRIO E EDIFICAÇÃO

Para o estudo o mobiliário deve ser o considerado o padrão para um escritório, e o projeto foi obtido na loja comercial da Maragno Móveis Planejados a partir de um projeto executado por uma *designer* da empresa. A vida útil do mobiliário selecionado para este trabalho é resultado de um agrupamento de dados apresentados por diversos autores, que estudaram sobre análise de ciclo de vida em edificações na academia internacional (MITHRARATNE, 2004; FAY, 1999; TRELOAR, 1997), Tabela 5. É importante se conhecer a durabilidade dos materiais para que, juntamente com a vida útil da edificação, a taxa de substituição do mobiliário seja calculada.

Tabela 5 - Durabilidade do Mobiliário - ano

Material	Mithraratne; Vale (2004)	Fay, (1999)	Treloar, (1997)	Média
Mobiliário	25	25	7	19

Fonte: AUTORA

A edificação hipotética que comporta o projeto de mobiliário tem aproximadamente 50 m² e contém toda a estrutura para apoiar um escritório comercial, ou seja, recepção, banheiro, sala principal e copa. Foi suposto que a construção segue os padrões, técnicas e materiais construtivos brasileiros, ou seja, estrutura em concreto armado, fechamento em alvenaria, cobertura com telhas e vida útil média de 50 anos (Lobo, 2011). Sendo desta forma, a Tabela 6 apresenta a taxa de substituição do mobiliário considerando a média de 19 anos de durabilidade dos móveis e uma vida útil de 50 anos para a edificação.

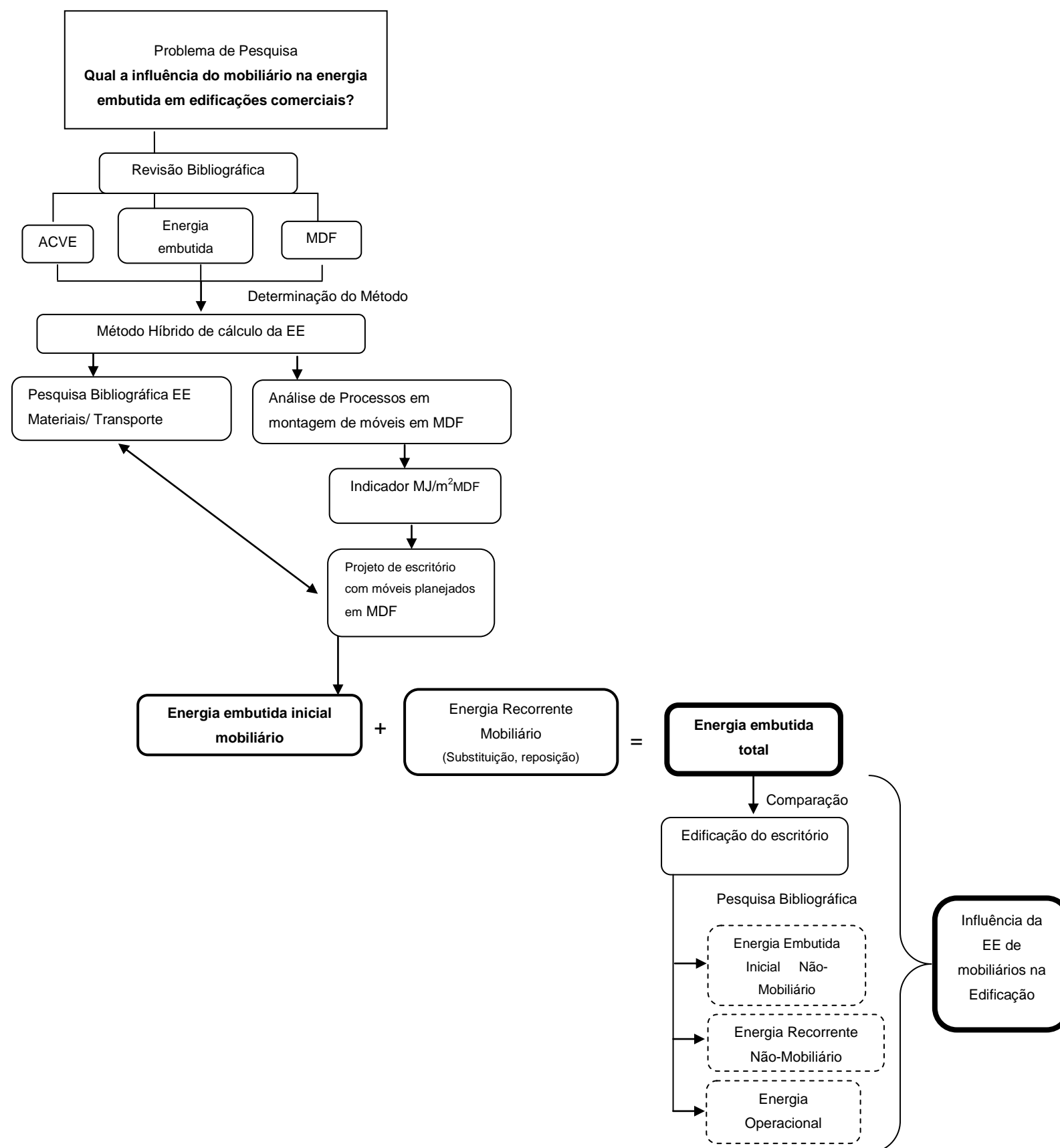
Tabela 6 - Taxa de substituição de mobiliário

Vida útil da edificação	Vida útil do mobiliário	Taxa de substituição
50	19	1,63

Fonte: AUTORA

3.7 MAPA MENTAL

Figura 6 - Mapa mental para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: AUTORA

4 RESULTADOS

Para buscar os resultados necessários na compreensão do problema de pesquisa, o método descrito no capítulo anterior foi seguido. Primeiramente, a análise de processos da montagem de mobiliário em MDF foi realizada. O processo de produção do mobiliário está descrito a seguir incluindo cada etapa que envolve a produção dentro da fábrica e o respectivo maquinário utilizado, desta forma o cálculo utilizado para obtenção da energia embutida na montagem do mobiliário é melhor compreendido.

4.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MÓVEIS NA MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS

Os fornecedores de material para a montagem do mobiliário estão alocados da seguinte forma: os fornecedores de painéis em MDF revestidos com a lâmina celulósica impregnada com resina melamínica, são empresas localizadas no Paraná. Todas as chapas têm a medida de 2750 mm x 1830 mm, mas variam as espessuras das chapas: 06, 15, 18, 25, 50 mm.

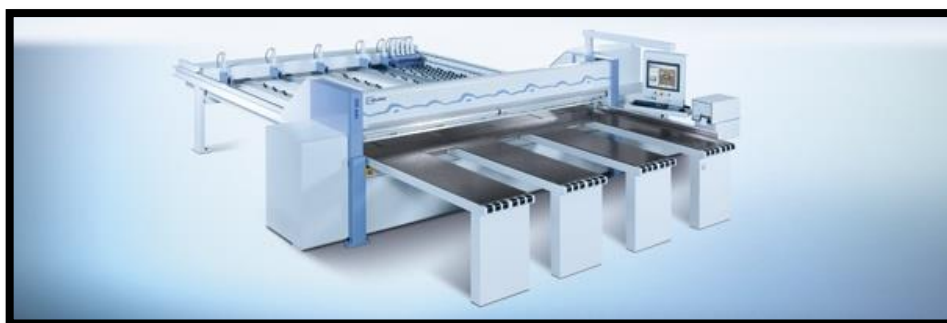
Os fornecedores de ferragens são as empresas que disponibilizam os metais a serem instalados nos mobiliário como puxadores, dobradiças, corrediças, cabideiros, etc.; os vidros a serem instalados nas portas, detalhes, entre outros; os espelhos e demais peças necessárias conforme o projeto desenhado pelo projetista.

Após a aprovação pelo cliente o projeto de móveis é liberado para a fábrica pelo designer da loja. Dentro da fábrica o mobiliário é classificado em produtos e ferragens. Os produtos são formados pelos componentes obtidos através do corte de chapas MDF e montados de acordo com o projeto. As ferragens são todos os itens fornecidos por terceiros como metais, vidros, espelhos e são instalados aos produtos para formar os móveis e ambientes. Para fabricação o projeto é “explodido” sendo dividido em componentes, que serão fabricados, e nas ferragens, que serão encomendados aos fornecedores, e cada projeto gera um pedido.

4.3.2 Corte de chapas

As informações referentes aos componentes que serão cortados, como altura, largura, cor da chapa, borda, etc. são enviadas para o computador da máquina seccionadora. A produção inicia na máquina seccionadora (Figura 7) onde o operador lê o pedido e separa a chapa necessária para o corte. É interessante destacar que esta máquina guarda as informações de sobras de cortes anteriores e indica ao operador quando esta sobra pode ser utilizada. A seccionadora é fabricada pela Homag, modelo Holzma HPP 250/38/38, e possui 7,5 kW de potência no motor da serra principal.

Figura 7 - Seccionadora Homag mod. Holzma HPP 250/38/38



Fonte: Site HOMAG (2012)

4.3.3 Coladeira de bordos

Após o corte as peças são encaminhadas para coladeira de bordos, para que seja feito um acabamento nas bordas conforme a cor do laminado da chapa. A máquina que realiza este processo é da marca SCM *group Tecmatic* modelo olimpico T203, Figura 8. Algumas informações técnicas relevantes sobre a coladeira de bordos:

- Ela é alimentada com três fases.
- Disjuntor: 52 *ampères* na entrada.
- Consumo de energia: 12 kW.
- A máquina é alimentada com ar comprimido e consome 10 PCM (pés cúbicos por minuto).

- Possui três mangueiras instaladas nas saídas para exaustão de ar a uma velocidade de 35m/s.

Figura 8 - Coladeira de bordos



Fonte: Site SCM GROUP (2012)

4.3.4 Usinagem das peças

O próximo passo é a usinagem ou fresagem da peça cortada, quando serão removidas parcelas de material, pequenos cavacos, formando as aberturas necessárias na peça. A máquina utilizada para este processo (Figura 9) é da marca SMC group *Morbidelli*, modelo Universal 3012 TV. A potência do rotor é de 8,5 kW.

Figura 9 - Máquina de Fresagem



Fonte: Site SCM GROUP (2012)

4.3.5 Compressor de ar

Algumas máquinas dentro da fábrica são alimentadas com ar comprimido produzido por um compressor parafuso da marca Chicago *Pneumatic* modelo CPM7t estacionário com potência de 5,5 kW e pressão de 145 psi (Figura 10).

Figura 10 - Imagem ilustrativa do compressor de ar



Fonte: Site CHICAGO PNEUMATIC (2012)

4.3.6 Exaustão de resíduos

Sobre as máquinas estão instalados dutos de metal zincado para captação do material particulado e sujeiras gerados durante a produção (Figura 11). Os dutos captam os resíduos e os depositam em filtros de mangas (Figura 12).

Figura 11 - Imagem ilustrativa da instalação dos dutos exaustores de resíduos



Fonte: Site A.R.M. EXAUSTORES (2012)

Figura 12 - Filtros de manga



Fonte: Arquivos MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

4.3.7 Parafusadeiras, serra de esquadria e pista de movimentação.

Há também alguns equipamentos auxiliares na produção de móveis, entre eles a fábrica possui 10 unidades de parafusadeiras Dewalt modelo DW508SK (Figura 13), as quais possuem motor de 700 W cada uma. São mais duas serras de esquadria com braço telescópico também do fabricante Dewalt modelo DW718 (Figura 14) e trabalha com motor de 1675 W.

Para o transporte das chapas e peças por dentro da fábrica a energia gasta pelos funcionários diminui, porque para esta atividade são utilizadas esteiras de rolamento mecânicas. O modelo das esteiras é o mesmo da Figura 15 abaixo, marca Eixomaq.

Figura 13 - Parafusadeira



Fonte: Site DEWALT (2012)

Figura 14 - Serra de esquadria



Fonte: Site DEWALT (2012)

Figura 15 - Esteira transportadora de rolos



Fonte: Site EIXOMAQ (2012)

4.3.8 Embalagem

Após a fabricação dos módulos para montagem dos ambientes planejados as peças são embaladas antes de serem enviadas ao destino. A máquina de embalagem é horizontal e envolve os móveis com plástico filme *stretch*. Segue abaixo, Figura 16, uma foto da máquina.

Figura 16 - Máquina envolvedora



Fonte: AUTORA

Como apoio ao processo de produção, ainda podem ser considerados 10 computadores, equipamentos de rede, equipamento de telefonia, impressoras e a iluminação do local.

4.4 CÁLCULO DA ENERGIA EMBUTIDA NA MONTAGEM DE MÓVEIS

A energia embutida na montagem do mobiliário foi considerada a partir de um indicativo de kWh/m² de MDF, obtido através do quantitativo de peças em MDF cortadas e análise do consumo de energia na fábrica no mesmo período. O valor do indicador encontrado é 1,72 kWh/m² ou 6,20 MJ/m² de MDF montado. Foi também calculada a quantidade de chapas de MDF utilizadas durante esses quatro meses.

A Tabela 7 apresenta a quantidade de peças cortadas a partir das chapas de MDF, durante os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2011, de operação na fábrica para montagem dos móveis entregues aos clientes.

Tabela 7 - Corte de peças em MDF em quatro meses

Meses amostrados	4
Componentes	
Peças cortadas set/2011 a dez/2011 (peças)	28408
Média de peças cortadas/dia	355
Total m² cortado set/2011 a dez/2011 (m²)	7650
Média de m² cortados/dia (m²)	96

Fonte: AUTORA

O consumo de energia elétrica para funcionamento das máquinas e equipamentos descritos nos itens acima, bem como para iluminação e administração da fábrica nestes mesmos quatro meses de 2011 são descritos na Tabela 8. Estes dados também são apresentados para conhecimento do consumo de energia elétrica por dia de operação, visto que a fábrica opera em dias e horários comerciais.

Tabela 8 - Consumo de energia em quatro meses de funcionamento da Fábrica

Mês/2011	nº dias úteis	Consumo de energia (kWh)	kWh/dia
Setembro	20	3729	186,45
Outubro	20	3150	157,50
Novembro	18	2936	163,11
Dezembro	22	3352	152,36
Total	80	13167	
Média	20	3291,75	164,86

Fonte: AUTORA

Conhecendo a quantidade de energia em quilowatt-hora total consumida nos quatro meses monitorados na fábrica e a quantidade de peças em metro quadrado de MDF cortadas nestes mesmos meses é possível estimar um indicador de consumo de energia por metro quadrado (Tabela 9).

Tabela 9 – Indicadores de consumo

Indicador Total	
kWh/m ²	1,72
MJ/m ²	6,20
Indicador Diário	
kWh/m ²	1,72
MJ/m ²	6,21

Fonte: AUTORA

A Tabela 10 informa a quantidade de chapas de MDF utilizadas para fabricação dos móveis vendidos pela Maragno nos quatro meses observados. Nota-se que é adicionado 9,5% à quantidade de metro quadrado cortado devido ao desperdício normal gerado durante a produção.

Tabela 10 - Informações das chapas de MDF

Chapas	
Tamanho cada Chapa	2750mm x 1830mm
Tamanho (m ²)	5
Adicionando 9,5% à quantidade de m ² cortados de desperdício (m ²)	8377
Chapas utilizadas set/2011 a dez/2011	1665
Média de chapas/mês	416

Fonte: AUTORA

4.5 ESCRITÓRIO COMERCIAL

O escritório é composto por uma recepção com uma área de 4,6 m x 3,3 m, uma sala comercial conjugada com copa com área de 5,3 m x 6,2 m e um banheiro de 1,35 m x 2,3 m totalizando um espaço de 50,8 m². A mobília planejada possui peças em madeira MDF, madeira laminada, vidro, alumínio, espelhos, granito, louça cerâmica, mármore entre outros acabamentos. Na planta do escritório, Figura 17, pode-se visualizar a recepção na entrada com um balcão em MDF com espelhos, uma prateleira com painel em MDF e espelhos (Figura 18 e 20), atrás das cadeiras há um nicho em MDF com vidro (Figura 19).

Figura 17 - Planta do escritório



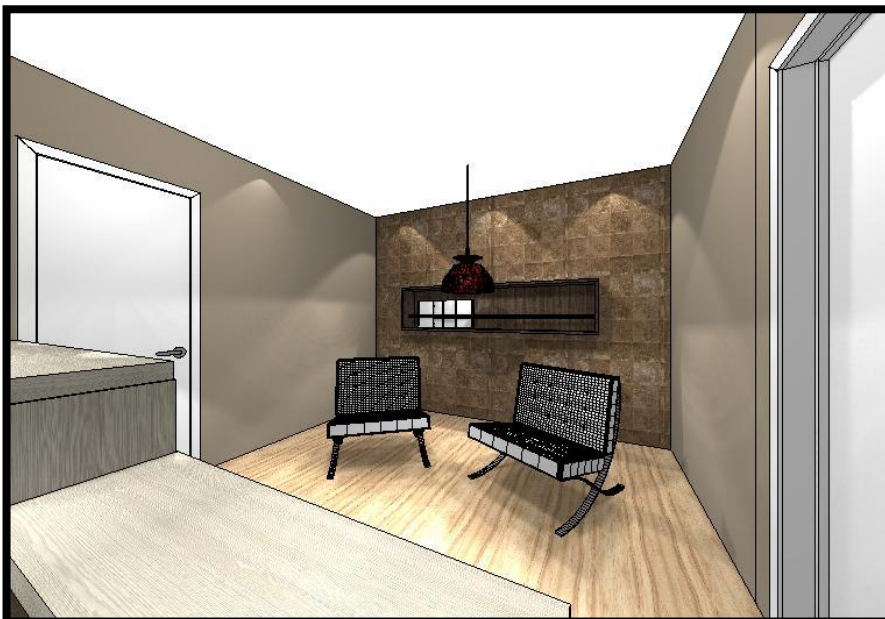
Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

Figura 18 - Vista 1 Recepção



Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

Figura 19 - Vista 2 Recepção



Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

Figura 20 - Vista 3 Recepção



Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

No escritório existe a mesa e armários com portas em MDF e armários com portas de vidro (Figura 21 e 22). Na copa os armários são em MDF com portas em MDF e vidro, aqui é quantificado o granito, a cuba em aço inox e torneiras (Figura 23). O banheiro está demonstrado na Figura 24 com detalhes em mármore, torneiras, cerâmica (vaso sanitário), espelhos e armário em MDF e porta de vidro.

Figura 21 - Vista 1 Escritório



Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

Figura 22 - Vista 2 Escritório



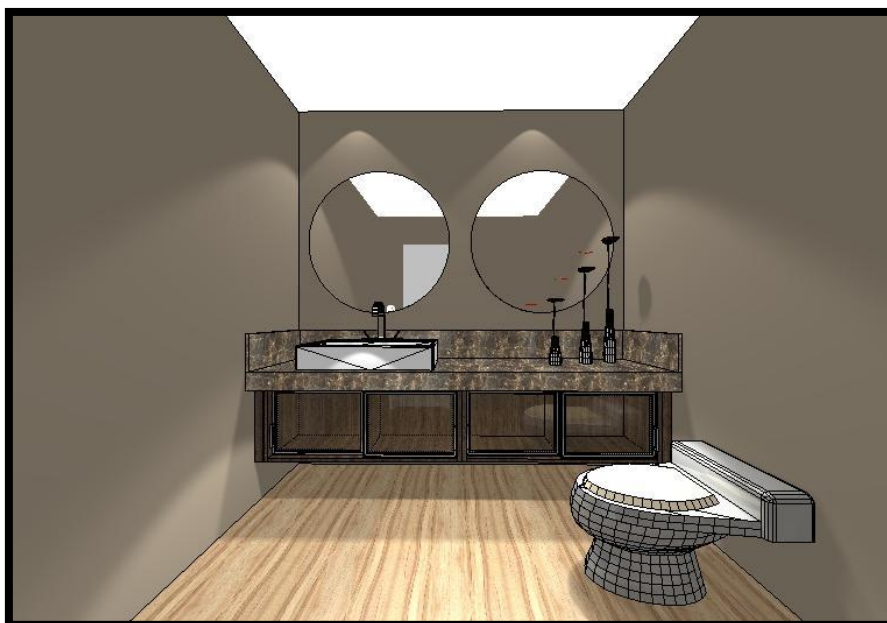
Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

Figura 23 - Vista Copa



Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

Figura 24 - Vista Banheiro



Fonte: MARAGNO MÓVEIS PLANEJADOS (2012)

A partir do projeto do escritório, foi realizado um detalhamento dos materiais que compõem o ambiente. As dimensões das peças em MDF, as quais são cortadas para montagem dos móveis na fábrica da Maragno foram fornecidas pela empresa conforme (Anexo C). Os demais materiais, vidro, espelhos, mármore, cerâmicas, granito e metais foram quantificados baseados no projeto desenvolvido pela loja e informações da *designer* da loja.

4.6 ENERGIA EMBUTIDA TOTAL

Na primeira fase do estudo não foi considerado no cálculo de energia embutida o acabamento nos fechamentos da edificação como pastilhas, papel de parede, azulejos cerâmicos, cortinas e persianas, pisos.

Também não foi calculada a energia embutida referente às cadeiras e banquetas, pois foram separados para o estudo os materiais diretamente ligados aos móveis planejados em MDF.

Na planilha de cálculo, alguns itens foram dispostos com as respectivas dimensões e o peso calculado a partir da sua densidade, como é o caso dos componentes em MDF, espelhos, vidros, os perfis de alumínio para as portas,

puxadores, cerâmicas, mármore e granitos. No caso das ferragens (dobradiças, extensões para gavetas, corredeiras), torneira e cuba de alumínio foram considerados os seus pesos efetivos, os quais foram fornecidos pelo fabricante ou pesados pela autora, mesmo porque, estas peças possuem uma volumetria complexa para serem expressas em termos de dimensões, o que poderia somar muitos erros de medida (Figura 25).

Figura 25 - Pesagem de dobradiça



Fonte: AUTORA

A energia embutida de fabricação dos materiais é apresentada em MJ/kg, MJ/m³. Tais valores foram retirados de estudos do berço ao portão (*cradle to gate*) que consideram a energia desde a extração de matéria prima, transporte para processamento e manufatura e processamento dos materiais. As fontes utilizadas nesta dissertação foram: Tavares (2006) e ICE (2011), (Apêndice A). A energia embutida de montagem do mobiliário é expressa em MJ/m² de material e é referente às peças em MDF.

A energia para transporte dos materiais calculada neste estudo agrupa os transportes desde a fábrica fornecedora dos materiais até a Maragno (fábrica de montagem dos móveis), transporte da Maragno até a edificação fictícia, localizada há 20 km da fábrica, e finalmente o posterior transporte da edificação para a destinação final ao término da vida útil do mobiliário, aterro sanitário, seguindo as distâncias apresentadas na Tabela 11.

Para o cálculo da energia embutida no transporte foram considerados valores de gastos energéticos com transportes fornecidos pela Associação Nacional do Transporte de Cargas (NTC), Tabela 13 (REIS, 1999 *apud* SPERB, 2000).

Os coeficientes de gasto energético dos caminhões encontrados normalmente nas rodovias brasileiras foram selecionados considerando que os veículos: possuem idade entre seis e sete anos de uso e sofrem manutenções preventivas, estão carregados com 100% de sua carga útil, são movidos a óleo Diesel com massa específica de 852 Kg/m³ (SPERB, 2000), vide tabela 12.

Considerou-se para os fornecedores localizados em Curitiba ou na sua região metropolitana caminhões leves e para os demais fornecedores caminhões semi-pesado de três eixos que são os mais frequentes no Brasil segundo a Associação Nacional dos Transportes de Cargas.

Tabela 11 - Distâncias percorridas pelos materiais

Material	Fornecedor	fornecedor - fábrica de móveis (Km)	fábrica de móveis - edificação(Km)	Edificação- destinação final (Km)	Distância Total(km)
Módulos MDF	Duratex	463	20	20	503
Espelhos	Brisa Vidros	10	20	20	50
Ferragens	Blum	400	20	20	440
Puxadores	Zen	600	20	20	640
Esquadrias	Rafex	12	20	20	52
Vidros	Rafex	12	20	20	52
Louças	Deca	400	20	20	440
Torneira e Registro	Deca	400	20	20	440
Mármore	Benato	40	20	20	80
Granitos	Benato	40	20	20	80
Cuba	Tramontina	600	20	20	640

Fonte: AUTORA

Tabela 12 - Coeficientes de gasto energético

Veículo	Consumo de energia (MJ/kg.Km)
Caminhão leve	$1,282 \times 10^{-3}$
Caminhão semi-pesado 3 eixos	$0,843 \times 10^{-3}$

Fonte: REIS (1999)

O resultado encontrado para a energia embutida inicial total do mobiliário que compõe o escritório comercial foi de **38 541 MJ**, ou **0,76 GJ/m²**, distribuídos em 0,02 GJ/m² em transporte, 0,01 GJ/m² em montagem de módulos em MDF e 0,73 GJ/m² em fabricação dos materiais. Ou seja, 97,2% da energia embutida inicial no mobiliário está na extração de matéria prima e fabricação dos materiais. As informações detalhadas no cálculo da energia dos materiais podem ser visualizadas de uma forma resumida na Tabela 13 e na íntegra no Apêndice B.

A energia embutida total é composta também da energia recorrente, e está é somada a energia embutida inicial. Neste caso, a energia recorrente é igual a 1, 63 vezes a energia embutida inicial o que resulta em 62,7 GJ ou **1,24 GJ/m²**. Portanto a energia embutida total do mobiliário é igual a **101,36 GJ** ou **2,0 GJ/m²**. Ou seja,

$$\begin{aligned}
 \text{Energia embutida total mobiliário} &= EE_{\text{inicial mobiliário}} + EE_{\text{recorrente mobiliário}} \\
 &= 0,76 \text{ GJ/m}^2 + 1,24 \text{ GJ/m}^2 \\
 &= 2,0 \text{ GJ/m}^2
 \end{aligned}$$

Para visualizar melhor o gasto energético com o mobiliário do escritório pode se fazer uma comparação com a energia gasta na fábrica de montagem do mobiliário, a qual possui uma média mensal de consumo de energia de 11 850 MJ ou 12 GJ. Caso toda a energia embutida contida no mobiliário finalizado, ou seja, com ferragens já instaladas, fosse consumida dentro da fábrica seriam necessários aproximadamente oito meses de trabalho na Maragno em cima deste escritório.

Tabela 13 - Cálculo de energia embutida do mobiliário

Material	m ²	m ³	Densidade (kg/m ³)	Peso (kg)	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m ²) ⁽³⁾	EE (MJ/unidade) MONTAGEM	Distância (km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE Total inicial (MJ)
Madeira MDF	78,33	2,05	800	1638,2	11,9 ⁽¹⁾	9520	19494,5	6,2	485,62	503	0,001	694,64	20674,8
Espelhos	0,80	0,01	2500	30,3	18,5 ⁽¹⁾	46250	560,1	-	-	50	0,001	1,94	562
Ferragens -Metais- Aço Galvanizado	-	-	-	47,4	33,8 ⁽²⁾	265330	1601,1	-	-	400	0,001	15,97	1617,1
Metais- Aço inox	0,19	0,04	-	2,5	56,7 ⁽¹⁾		141,7	-	-	600	0,001	1,26	143
Puxadores -Metal- Alumínio	0,15	0,00	2700	11,5	210 ⁽²⁾	567000	2404,4	-	-	600	0,001	5,79	2410,2
Esquadrias -Metais- Alumínio	0,52	0,01	2700	26,9	210 ⁽²⁾	567000	5637,9	-	-	52	0,001	1,79	5639,7
Vidro	6,75	0,03	2500	67,5	18,5 ⁽²⁾	46250	1248,3	-	-	52	0,001	4,50	1252,8
Mármore	1,87	0,13	2680	355,2	1 ⁽²⁾	2680	355,2	-	-	80	0,001	36,43	391,6
Granito	2,07	0,05	2700	131,4	2 ⁽²⁾	5400	262,8	-	-	80	0,001	13,48	276,3
Cerâmica	0,19	0,10	2000	196,6	25 ⁽²⁾	52075	5119,0	-	-	440	0,001	72,92	5192
Torneiras e registros	0,04	0,00	-	4,0	95 ⁽²⁾	-	380	-	-	440	0,001	1,48	381,5
Total (MJ)							37205,1		485,6			850,2	38541
Total (MJ/m²)							733		9,6			16,7	759,3
50,8	m² de área de escritório												

(1) ICE, Inventory of Carbon & Energy (Version 2.0), 2011.

(2) TAVARES (2006)

(3) Pesquisa própria feita pela autora.

Agora que se conhece o resultado do quanto de energia embutida há no mobiliário de um escritório comercial, o qual ocupa uma edificação de 50,8 m² a próxima etapa é comparar esta energia com os demais itens de energia consumidos na edificação. Relacionando a energia embutida total de mobiliário com a energia embutida dos materiais exceto mobiliário (materiais de construção) e energia de operação da construção será possível ter conhecimento de quando o mobiliário influencia na análise de ciclo de vida energética de um edifício.

4.7 DEMAIS ITENS DE CONSUMO NA EDIFICAÇÃO

4.7.2 Energia embutida de não mobiliário

Considerando o quantitativo de materiais para construção de uma edificação comercial de 16 pavimentos padrão normal, a energia embutida para tais materiais encontrados em Tavares (2006) e ICE (2011), Apêndice A, os coeficientes energéticos para transporte calculados por Reis (1999) e desperdício de materiais na construção civil de Tavares (2006) obtêm-se os valores totais de consumo energético, Tabela 14. Como energia embutida total para não mobiliário tem-se 7 359 MJ/m² ou **7,36 GJ/m²**, a área total do escritório é 50,8 m², portanto para esta sala comercial a energia embutida de não mobiliário é 373,5 GJ.

Tabela 14 – Cálculo de energia embutida de não mobiliário

continua

MATERIAIS (por m ² de construção)	UN	Material/ m ² de construção	Volume (m ³) por m ² de construção	Densidade (kg/m ³)	Peso(kg)	EE (MJ/Kg)	EE (MJ/m ²) FABRICAÇÃO	Fator de Transporte - Distância média 100km (MJ/Kg)	EE (MJ/m ²) TRANSPORTE	% Desperdício	EE (MJ/m ²) desperdício	EE (MJ/m ²) Transporte de Desperdício	EE Total (MJ/m ²)
Chapa compensado plastificado 18mm x 2,20 m x 1,10 m	m ²	1,841	0,03	550	18,2	8 ⁽¹⁾	145,8	0,0843	1,54	15%	21,9	0,46	169,7
Aço CA - 50Ø 10 mm	kg	58,699	-	7850	58,7	30 ⁽²⁾	1761	0,0843	4,95	10%	176	0,99	1943
Concreto fck = 20MPa conv. Br. 1 e 2 pré-misturados	m ³	0,524	0,52	2300	1205	1,2 ⁽²⁾	1446	0,0843	101,6	10%	144,6	20,32	1713
Cimento CP-32 II	kg	75,295	-	1950	75,3	4,2 ⁽²⁾	316,2	0,0843	6,3	40%	126,5	5,08	454
Areia média	m ³	0,243	0,24	1515	368	0,05 ⁽²⁾	18,4	0,0843	31,0	50%	9,21	31,04	89,71
Brita nº32	m ³	0,040	0,04	1650	66,1	0,15 ⁽²⁾	9,91	0,0843	5,6	40%	3,97	4,46	23,91
Tijolo de 8 furos 9cm x 19cm x 19cm	un	61,789	0,20	1400	281	2,9 ⁽²⁾	815,1	0,0843	23,7	15%	122,3	7,11	968,1
Bloco de concreto 19cm x 19cm x 39cm	un	0,856	0,01	2000	24,1	1 ⁽²⁾	24,1	0,0843	2,03	15%	3,62	0,61	30,4
Telha fibrocimento ondulada 6mm x 2,44m x 1,10m	m ²	0,108	0,001	1920	1,2	6 ⁽²⁾	7,4	0,0843	0,1	10%	0,74	0,02	8,3

MATERIAIS (por m ² de construção)	UN	Material/ m ² de construção	Volume (m ³) por m ² de construção	Densidade (kg/m ³)	Peso(kg)	EE (MJ/Kg)	EE (MJ/m ²) FABRICAÇÃO	Fator de Transporte - Distância média 100km (MJ/Kg)	EE (MJ/m ²) TRANSPORTE	% Desperdício	EE (MJ/m ²) desperdício	EE (MJ/m ²) Transporte de Desperdício	EE Total (MJ/m ²)
Porta interna semi-oca para pintura 35mm x 0,60m x 2,10m	un	0,119	0,005	650	3,4	3,5	11,9	0,0843	0,29	0%	0,00	0,00	12,2
Esquadrias de correr de chapa alumínio anodizado natural (2mm espessura)	m ²	0,104	0,000	2700	0,6	210	118,4	0,0843	0,05	0%	0,00	0,00	118,4
Janela de correr de chapa dobrada	m ²	0,034	-	-	0,0	30	0,0	0,0843	0,00	0%	0,00	0,00	0,00
Fechadura interna média cromada	un	0,067	-	8500	0,6	55	31,1	0,0843	0,05	0%	0,00	0,00	31,2
Azulejo branco 5mm x 15 cm x 15cm	m ²	1,030	0,005	2000	10,3	6,2	63,9	0,0843	0,87	0%	0,00	0,00	64,75
Placa de gesso 40mm x 70cm x 70cm	m ²	0,559	0,02	800	17,9	4,5	80,5	0,0843	1,51	35%	28,2	1,06	111,2
Vidro liso transparente 4mm colocado com massa	m ²	0,130	0,001	2500	1,3	18,5	24,1	0,0843	0,11	5%	1,21	0,01	25,43
Tinta látex PVA	L	2,968	-	1,3kg/l	3,9	65	250,8	0,0843	0,33	15%	37,6	0,10	288,8
Emulsão asfáltica impermeabilizante	kg	2,882	-	2115	2,9	51	147	0,0843	0,24	0%	0,00	0,00	147,2
Fio de cobre anti-chama, isolamento 750V, #2,5 mm ²	m	34,373	0,00	8933	0,8	75	57,6	0,0843	0,06	0%	0,00	0,00	57,64
Disjuntor tripolar 70A	un	0,322	-	-	4,8	-	0,00	0,0843	0,41	0%	0,00	0,00	0,41
Tubo de ferro galvanizado com costura Ø 2 1/2"	m	0,375	0,001	7500	8,9	32,8	290,7	0,0843	0,75	0%	0,00	0,00	291,5
Tubo de PVC-R rígido reforçado para esgoto Ø 150mm	m	0,370	0,007	1300	8,6	80	691,8	0,0843	0,73	17%	117,6	0,25	810,4
Total (MJ/m ²)							6311,9		182,3		793,5	71,5	7359,1
Total (GJ/m ²)							6,31		0,18		0,79	0,07	7,36

(1) ICE, Inventory of Carbon & Energy (Version 2.0), 2011.

(2) Tavares, 2006.

Tendo como base McCoubrie *et al.*(1996), pesquisa que forneceu o embasamento científico para pressuposto deste trabalho, onde a energia embutida inicial de não mobiliário é 8,62 GJ/m² e a energia embutida recorrente de não mobiliário é 3,13 GJ/m², a energia embutida recorrente de não mobiliário é 36,3% da energia embutida total de não mobiliário. Utilizando esta proporção a energia embutida recorrente para não mobiliário desta pesquisa é igual a 2,67 GJ/m².

4.7.3 Energia de operação

A simulação de consumo energético no escritório comercial com o aplicativo de consumo energético da Copel, apresentado no item 3.4.2., foi concluída estimando alguns equipamentos utilizados em escritórios comerciais em funcionamento por oito horas diárias nos dias úteis, média de 20 dias por mês, Tabela 15. No Apêndice C é possível conferir em detalhes a simulação fornecida pelo site da Copel.

Tabela 15 - Equipamentos utilizados no escritório-estimados

Equipamentos	Quantidade	horas/mês
Computador	2	160
Impressora	1	20
Fax	1	1
Ar-condicionado	1	160
Cafeteira	1	2
Microondas	1	2
Telefone	2	40
Scanner	1	1
Lâmpadas fluorescentes	6	114

Fonte: AUTORA

O consumo mensal aproximado destes equipamentos é de 279 kWh/mês ou 1,0 GJ/mês, ou 0,02 GJ/mês/m² considerando uma vida útil de 50 anos da edificação pode-se afirmar que a energia embutida média de operação do escritório é **12,00 GJ/m²**.

4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

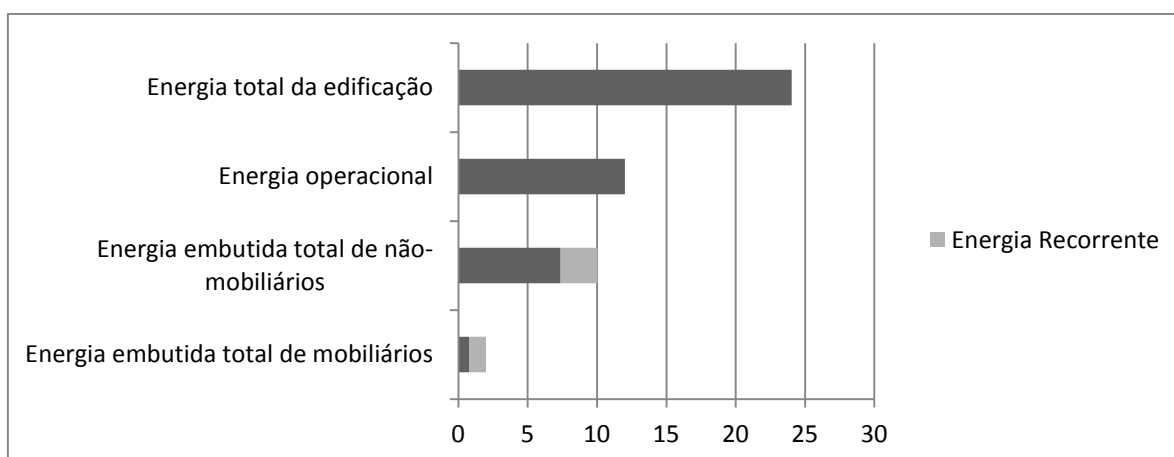
A energia embutida encontrada para o mobiliário em MDF do escritório é igual a 0,76 GJ/m² e a energia embutida recorrente para o mobiliário é de 1,24 GJ/m². Para os valores de energia embutida dos itens da edificação não considerados mobiliário a energia embutida inicial encontrada é 7,36 GJ/m² enquanto a energia embutida recorrente de reformas, manutenção e reposição de materiais de construção foi considerada igual a 2,67 GJ/m². Para a energia operacional calculou-se um valor de 12 GJ/m². Concluindo, obteve-se uma energia total para um ciclo de vida de aproximadamente 50 anos da edificação de **24,03 GJ/m²**, Tabela 16. Esta energia é resultado do consumo energético desde a extração de matéria prima até o transporte do mobiliário para a destinação final.

Tabela 16 - Energia total da edificação

Energia		GJ/m ²	
Energia embutida total de mobiliário	Energia embutida do mobiliário	0,76	2,00
	Energia embutida recorrente do mobiliário	1,24	
Energia embutida total de não mobiliário	Energia embutida para não mobiliário	7,36	10,03
	Energia embutida recorrente não mobiliário	2,67	
Energia operacional	Energia embutida operacional	12,00	12,00
Energia Total			24,03

Fonte: AUTORA

Gráfico 2- Gráfico comparativo entre as energias da edificação

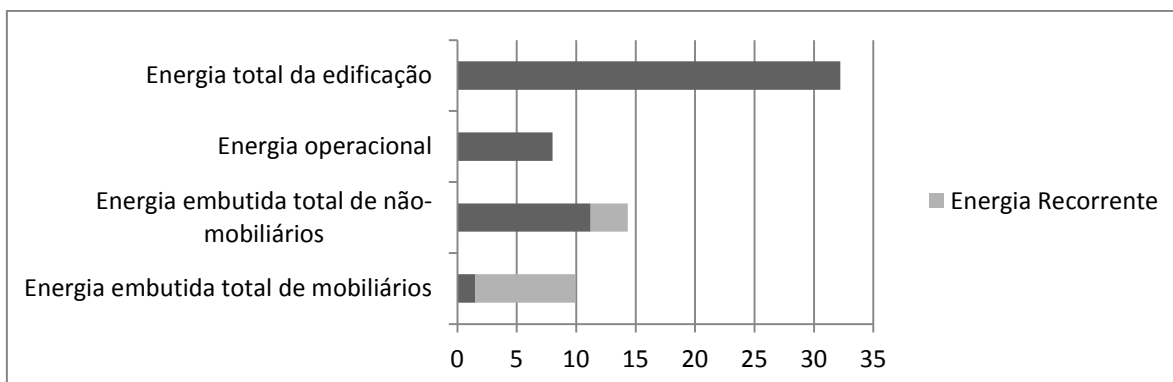


Fonte: AUTORA

Desta forma a energia embutida total para o mobiliário ficou igual a 8,3% da energia total da edificação e 20% da energia total dos materiais exceto mobiliário. Ainda, a energia embutida total, ou seja, a soma da energia embutida de mobiliário com a de não mobiliário, 12,03 GJ/m², é igual à energia operacional estimada, 12,00 GJ/m². Thormark (2002) afirma que a energia embutida total, incluindo reformas e manutenção, durante a vida útil de uma construção, pode chegar até a 40% do total de energia consumida em um ciclo de vida de 50 anos, neste estudo a energia embutida total é 50,1% da energia total da edificação estudada. Tais fatos devem-se a consideração de mobiliário no estudo energético da edificação, **ou seja, o mobiliário pode ser uma parcela significativa dentro do ciclo de vida das edificações, suficiente para alterar o resultado final das avaliações.**

McCoubrie *et al.*(1996), dos quais o estudo foi seguido como referência para este trabalho, encontraram como energia embutida inicial para o mobiliário 1,5 GJ/m² e energia embutida recorrente para mobiliário 8,4 GJ/m². A energia de não mobiliário de 11,2 GJ/m² mais a sua energia recorrente para reformas de 3,13 GJ/m². Encontraram também uma energia operacional para 40 anos de edificação de 8,0 GJ/m².

Gráfico 3 - Gráfico comparativo entre as energias da edificação de McCoubrie et al.(1996)



Fonte: MCCOUBRIE *et al.*(1996)

Percebe-se em McCoubrie *et al.*(1996) que a energia embutida recorrente para o mobiliário é muito maior do que a encontrada no presente estudo, e é o fator que acrescenta um valor alto na energia total da edificação: a energia embutida total de mobiliário é igual a 30,7% do ciclo energético total. Contudo, se considerar apenas a energia embutida inicial de mobiliário nos dois estudos, sem a recorrente, conclui-se que em McCoubrie *et al.* (1996) esta energia é 4,5% da energia total da edificação e nesta pesquisa é 3,2% da energia total da edificação. Ou seja, são valores próximos.

A alta energia recorrente para mobiliário em McCoubrie *et al.*(1996) é justificada pela diferença no método aplicado para reposição do mobiliário. Nesta pesquisa apenas a reposição por durabilidade dos materiais foi levada em conta, vida útil técnica ou obsolescência programada, o que gerou uma taxa de reposição de 1,63. Em McCoubrie *et al.*(1996) é usada como referência à vida útil para mobiliário de Duffy *et al.* (1977) e Nuefert (1994), os quais consideram que em um ciclo de vida para a edificação de 40 anos o mobiliário é repostado pelo menos seis vezes, gerando uma taxa de reposição de 6,6. Neste caso os autores consideraram a vida útil estética, a qual engloba a substituição de móveis devido às tendências de moda e obsolescência percebida.

5 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido é importante para dar continuidade em um assunto que necessita de aprofundamento, e também de diversidade, energia embutida em mobiliário. A quantidade de estudos em energia embutida de edificações incluindo o mobiliário é pequena. Para que haja o conhecimento mais aproximado da influência deste mobiliário no ciclo energético da edificação é necessário que uma gama de estudos sejam realizados. Com informações mais aperfeiçoadas e detalhadas, um inventário mais confiável pode ser desenvolvido com valores de energia embutida em materiais de construção geralmente aplicados na realidade brasileira, incluindo mobiliário, e resultados de energia embutida para modelos de edificações padrão.

A metodologia desenvolvida neste trabalho é relevante, pois permite a sua aplicação em outros projetos de mobiliário em MDF com diferentes dimensões e variedades de materiais. Conhecendo a energia embutida do mobiliário pode-se somá-la à energia embutida da edificação que comporta tal mobiliário, aumentando a energia embutida total da edificação. Como a energia embutida total da edificação pode ser considerada critério de sustentabilidade, a escolha da decoração, móveis e ferragens influenciam em tal critério, devendo ser estudados também.

Por este motivo, algumas entidades já prevêm o aumento da importância pela sociedade na escolha de mobiliário menos prejudicial ao meio ambiente criando os rótulos ambientais para móveis. Ainda mais, com uma energia embutida significativa o mobiliário pode ser incluído, até mesmo, em certificações ambientais de edifícios como um todo.

5.3 ATENDIMENTO AO OBJETIVO E AO PRESSUPOSTO

A pesquisa atinge o objetivo de se ter conhecimento da energia embutida em mobiliário de escritório em MDF, o qual foi $2,0 \text{ GJ/m}^2$ para este caso. Posteriormente, tal energia é comparada com os demais valores de energia que fazem parte da edificação comercial hipotética desenvolvida para este trabalho, e então se apresenta efetivamente a influência que o mobiliário em MDF possui sobre a energia embutida de uma edificação. A energia embutida restante na edificação consome $10,03 \text{ GJ/m}^2$ e energia elétrica consumida em 50 anos de operação é $12,00 \text{ GJ/m}^2$. Ou seja, a energia embutida total para o mobiliário ficou igual a 8,3% da energia total

da edificação e 20% da energia total exceto mobiliário. A energia embutida total da edificação é igual a 50,1% da energia total consumida na edificação durante 50 anos.

A energia embutida em mobiliário é relevante, porém, neste estudo, não atinge uma porcentagem tão alta comparada aos demais itens de consumo do edifício, e não ultrapassa nenhum deles, como acontece no artigo de McCoubrie *et al.* (1996). Tal fato ocorre devido a vários fatores que interferem no resultado final de um estudo de energia embutida conforme comprovado neste trabalho.

Primeiramente, o trabalho de McCoubrie *et al.* (1996) é encaminhado utilizando outro método, matriz de insumo-produto, o qual é bem desenvolvido na Austrália e possuem dados mais acurados para estes gêneros de análises. O mobiliário considerado neste trabalho é restrito aos móveis com base em MDF, enquanto na pesquisa internacional podem ter sido utilizados outros materiais, bem como foram incluídos os assentos. De qualquer forma, o valor para energia embutida inicial do mobiliário foi muito parecido. Se retirar-se apenas a energia embutida inicial de mobiliário nos dois estudos, sem a energia embutida recorrente, conclui-se que em McCoubrie *et al.* (1996) esta energia é 4,5% da energia total da edificação e nesta pesquisa é 3,2% da energia total da edificação. Ou seja, são valores próximos.

Nesta pesquisa os limites utilizados foram do berço ao portão, não foi considerada a energia embutida para destinação final dos materiais após o desuso. Conforme comentado neste trabalho, o método híbrido utilizado envolve análise de produto e análise estatística, o primeiro caso envolve tempo e é muito trabalhosa. Na análise estatística depende-se de muitas informações cedidas por empresas confiáveis, o que nem sempre é disponível. Sabe-se também, que as energias embutidas para o não mobiliário foram todas estimadas, o que traz conclusões próximas, porém não exatas. A ideia é despertar o interesse para que se desenvolvam estudos futuros que utilizem dados reais para esta comparação sendo, este trabalho, apenas o começo.

Na revisão bibliográfica são apresentadas pesquisas brasileiras que envolvem o estudo de energia embutida de edificações. Pode-se perceber que a maioria dos estudos envolve edificações residenciais. Os resultados encontrados na bibliografia comprovam que há uma variação significativa nos valores de energia embutida devido a fatores como: época de realização do estudo (tecnologias de fabricação de

materiais são atualizadas, insumos energéticos são alterados); escopo considerado nos estudos (por exemplo, tem estudos que não englobam a energia gasta para transporte, ou não contabilizam a energia embutida de instalações hidrossanitárias); padrão social da edificação (quanto mais alto o padrão, materiais mais elaborados são incluídos). O fato de não terem sido encontrados muitos estudos envolvendo edificações comerciais, e que nenhum dos estudos apresentados considera o mobiliário, introduz ainda mais importância a presente dissertação. Edificações comerciais possuem uma estrutura diferente da estrutura residencial, e os materiais utilizados para acabamento são outros, também cabe entrar na discussão que a energia operacional comercial diverge da energia operacional das residências. Por este motivo é necessário desenvolver estudos mais específicos para construções comerciais.

Frente aos diversos fatores apresentados acima, o estudo foi limitado com as algumas condicionantes durante o seu desenvolvimento, porém, se atingiu resultados satisfatórios e em conformidade com o objetivo proposto, bem como se confirmou parcialmente o pressuposto.

5.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Este trabalho resulta em muitos temas para dar continuidade no assunto desta pesquisa. Como citado acima, a presente dissertação é apenas um começo por se tratar de um assunto pouco explorado na academia.

- Cálculo da energia embutida de materiais de construção a partir do projeto de uma edificação real - Comparação da energia embutida dos mobiliários em MDF, obtida nesta pesquisa, com a energia embutida de uma edificação comercial real, ou seja, existente.
- A energia operacional de um escritório comercial: Aplicação de uma *survey* a um universo de escritórios comerciais de pequeno porte – A energia operacional de escritórios comerciais existentes, com porte similar ao que comporta o projeto de mobiliário em MDF estudado nesta dissertação, pode ser obtida. Então, somada a energia embutida de mobiliário e de materiais de construção, resultando em valores mais reais para a análise do ciclo de vida energético.

- Análise de Ciclo de Vida de chapas de MDF fornecidas para as fábricas de móveis planejados em Curitiba - Como o tema desta dissertação refere-se especificamente ao mobiliário em MDF, uma forma de trazer mais confiabilidade para os resultados é a análise de ciclo de vida das chapas de MDF dos fornecedores em Curitiba, ou seja, avaliar o Ciclo de Vida Ambiental desde a extração da madeira para produção das chapas, beneficiamento e transporte até os pontos de vendas de chapas, onde serão adquiridas e encaminhadas para as fábricas de montagem de mobiliário.

- Este trabalho foi delimitado do berço ao portão, sem considerar a energia consumida para a destinação final dos materiais, tanto do mobiliário quanto do não mobiliário. Outra sugestão é acrescentar os valores de energia para os vários cenários prováveis de destinação final dos produtos no final de sua vida útil: aterro sanitário, incineração, reciclagem, reuso. É válido considerar que para a destinação final em lugares variados, pode-se ter uma diferença na energia embutida para transporte, pois nesta dissertação considerou-se apenas um único local para destinação final de todos os materiais.

Os temas citados acima são sugeridos com o intuito de aprimorar os demais itens de consumo de energia da edificação, que não as de mobiliário. Desta forma os resultados simulam melhor o que ocorre na realidade.

Para finalizar as sugestões aos trabalhos futuros, o mesmo método utilizado nesta dissertação pode ser considerado para outro projeto de móveis planejados em MDF, o qual será efetivamente instalado, para que se caracterize um “Estudo de caso real.”

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYSUNDARA, U.G.Y.; BABEL, S. GHEEWALA, S. A Matrix in Life Cycle Perspective for Selecting Sustainable Materials for Buildings in Sri Lanka. **Building and Environment**, v.44, nº 5, p. 997-1004, 2009.

ABCV, Associação Brasileira de Ciclo de Vida. In: História da ACV. 2013. Disponível em <<http://www.abcvbrasil.org.br>> Acesso em: março, 2013.

ABIPA, Associação Brasileira da indústria dos painéis de madeira. In: Nossos produtos. Disponível em:<<http://www.abipa.org.br/produtosMDF.php>> Acesso em: 15 de janeiro, 2012.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14040** - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. In: Rótulo ecológico da ABNT. Disponível em:<<http://www.abntonline.com.br/rotulo/>>, Acesso em: 02 maio 2011.

ABRAMAT, Associação Brasileira de materiais de construção. In:TERMÔMETRO Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/termometro>> Acesso em: 05 de maio de 2011.

ADALBERTH, K. Energy Use During the Life Cycle of Building: a Method, **Building and Environment** v.32, nº 4, p. 317-320, 1997.

ALCORN, A. J.; BAIRD, G. Use of a hybrid energy analysis method for evaluating the embodied energy of building materials. **World Renewable Energy Congress**, Denver USA, v.IV, p.319-322, 1996.

ANAB, Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica. In:**Arquitetura bioecológica, o consumo e a construção civil**, Disponível em: <<http://www.anabbrasil.org>> Acesso em: 28 de abril 2011.

ANAB, Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica. Disponível em:<<http://www.ecolabelindex.com>> Acesso em: 02 maio 2011.

ARM, exaustores, Disponível em: < <http://www.arm.ind.br/#>> Acesso em: 16 de fevereiro, 2012.

BERGE, B. **The Ecology of Building Materials**. 2ª Edição, Architetural Press, p.20-21, 2009.

BLUE ANGEL, Disponível em: <<http://www.blauer-engel.de/>>, Acesso em: 02 maio 2011.

BNDES, Banco Nacional do Desenvolvimento Setorial, MATTOS, R.L.G.; GONÇALVES, R.M.; CHAGAS, F.B.das; In: **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**, Rio de Janeiro nº27, p.121-156, março, 2008.

BRAGANÇA, L. **Princípios de desenho e metodologias de avaliação da sustentabilidade das construções**, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Azurém, Portugal, 2005.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio, Secretaria de Tecnologia Industrial – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC / MG. In: **Balanco energético de edificações típicas**. Brasília, 1982.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Energia. In: **Balanco energético nacional 2011 ano base 2010**. Brasília, 2011.

BRIBIÁN, I.Z.; USÓN, A. A. SCARPELLINI S. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. **Building and Environment** v.44, p.2510-2520, 2009.

BUCHANAN, A.H.; HONEY, B. G. Energy and Carbon Dioxide Implications of Building Construction, **Energy and Buildings** v. 20, p.205-217, 1994.

CAMPOS, C.I.; LAHR, F.A.R. Estudo Comparativo dos Resultados de Ensaio de Tração Perpendicular para MDF Produzido em Laboratório com Fibras de Pinus e de Eucalipto Utilizando Uréia-Formaldeído. **Revista matéria**, v. 9, nº 1, p 32-42, 2004.

CBCS, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Materiais, Componentes e a Construção Sustentável. **Comitê temático de materiais do CBCS**, São Paulo, Agosto de 2009.

CBCS, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. In: RECOMENDAÇÕES BÁSICAS ASBEA. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/artigos/recomendacoes_basicas-asbea.php?> Acesso em: 10 de setembro, 2011.

CHICAGO Pneumatic, Disponível em:<<http://www.chicagopneumatic.com.br/brbr/whatwedo/stationarycompressors/>> Acesso em: 16 de fevereiro, 2012.

COLE, R. J.; KERNAN, P. C. Life-Cycle Energy Use in Office Buildings. **Buildings and Environment**, v.31, nº4, p. 307-317, 1996.

DEWALT, Ferramentas Disponível em: <<http://www.dewalt.com.br/products/prod/listProdDeta.asp?prodId=DW508SK>>, Acesso em: 16 de fevereiro 2012.

DIMOUDI, A. ;TOMPA, C. Energy and Environmental Indicator Related to Construction of Office Buildings, **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, nº 1-2, p.86-95, 2008.

DIXIT, M. K.; FERNANDES-SOLÍS, J. L.; LAVY, S.; CULP, H. C. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. **Energy and Buildings** v. 42, p.1238-1247, 2010.

DIXIT, M. K.; FERNANDES-SÓLIS, J. L.; LAVY, S.; CULP, H. C. Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 16 p.3730-3743, 2012.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2ª Edição. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008.

EIXOMAQ, Pistas de transporte e movimentação, Disponível em: <<http://www.eixomaq.com.br/>>, Acesso em: 16 de fevereiro 2012.

EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). **Indoor Air Facts nº 4 – Sick Building Syndrome**, 1991. Disponível em: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>, Acesso em: 01 de março de 2013.

FAY, M. R. **Comparative life cycle energy studies of typical Australian suburban dwellings**. Tese (Doutorado). The University of Melbourne, Melbourne, 1999.

FAY, R.; TRELOAR, G.; IYER-RANIGA, U. Life-cycle energy analysis of buildings: a case study. **Building Research and Information**, v.28 nº1 p. 31-41 JAN-FEB. Routledge, London, 2000.

FERNÁNDEZ-SOLÍS, J. L., Analysis of the Forces in the Exponential Growth in Construction. **Cobra XX1**, 2007.

GUSTAVSSON, L.; JOELSSON, A.; SATHRE R., Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building, **Energy and Buildings** v. 42, p.230-242, 2010.

HOMAG, Disponível em: <<http://www.homag.com.br/pt/products/productdatabase/Pages/holzmaseries2hnp250.aspx>> Acesso em: 16 de fevereiro, 2012.

JUNNILA, S.; HORVATH, A.; GUGGEMOS, A. A. Life Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and United States, **Journal of Infrastructure Systems-ASCE**, março, 2006.

ICE, Inventory of Carbon & Energy (Version 2.0), Prof. Geoff Hammond & Craig Jones, **Sustainable Energy Research Team (SERT)**, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK, 2011.

IPARDES, Instituto Paranaense de desenvolvimento econômico e social, In: **Indicadores econômicos valor adicionado bruto, participação e taxa de crescimento, segundo as atividades econômicas, no Paraná**. 2002-2008. Disponível em: <<http://www.ipardes.pr.gov.br>>. Acesso em: 05 de maio de 2011.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Editorial FUPEF, 247 p. Curitiba, 2005.

KALBUSCH, A.; GHISI, E. Método para quantificação do consumo energético no ciclo de vida de equipamentos hidrossanitários, **Ambiente Construído** v.12, nº03, Julho-Setembro 2012.

KAZAZIAN, T.; HENEULT, E. R. R. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo, Senac, 2005.

KOFOWOROLA, O. F.; GHEEWALA, S. H. Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. **Energy and Buildings** v. 41, p. 1076–1083, 2009.

KUHN, E. A. **Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**. Dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, In: Desenvolvimento da etiquetagem. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/projetos/etiquetagem>>, Acesso em: 20 de julho 2011.

LEVEL, Disponível em:<<http://levelcertified.org/>>, Acesso em: 02 de Maio 2011.

LEVIN, H. Systematic evaluation and assessment of building environmental performance (ASEABEP). **Second International Conference on Buildings and the Environment, CSTB and CIB**, 2. Paris, June, 1997.

LIMA, A. A., **A Segunda revolução industrial**, Rio de Janeiro, Agir, 64 p., 1960.

LOBO, F. H. R.; **Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: estudo de caso no estado do Paraná**. Dissertação de mestrado em construção civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MARAGNO, Móveis Planejados. In: EMPRESA. Disponível em:<<http://www.maragno.com.br/>>, Acesso em 10 de janeiro de 2012.

MCCOUBRIE, A.; TRELOAR, G. Life Cycle embodied energy in office furniture, **Embodied Energy - The current state of play**, 28 e 29 de novembro de 1996, Deakin University, p.113-118, 1996.

MITHRARATNE N.; VALE, B. Life cycle analysis model for New Zealand houses. **Building and Environment** v. 39, p. 483 – 492, 2004.

MORA, R.; BITSUAMLAK, G.; HORVAT, M. Integrated life-cycle design of building enclosures. **Building and Environment** v. 46, p.1469-1479, 2011.

MOVEXPO, Feira Nacional de móveis para a região Nordeste. In: Apresentação. Disponível em < <http://www.movexpo.com.br> > Acesso em dezembro de 2012.

OKA, T; SUZUKI,M.;KONNYA,T. The Estimation of energy consumption and amount of pollutants due to the constructions buildings, **Energy and Buildings**, v. 19, 4 ed, p.303-311, 1993.

ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. **Construction and Building Materials** v. 23, p.28-29, 2009.

PARANÁ, Secretaria da Educação do Estado, **A história das coisas**, Disponível em <<http://filmes.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=240>>, Acesso em: 31 de janeiro de 2013.

PAIKKA-ALHOLA, K. Promoting environmentally sound furniture by green public procurement. **Ecological Economics** v. 68, p.472-485, 2008.

PÉREZ-LOMBARD, L.; ADNOT, J. ; ORTIZ,J.A.; RIVIÈRE P. HVAC systems energy comparisons for an office building, **Proceedings of the Climamed Conference** , Lisboa, 2004.

RAMESH, T.; PRAKASH,R.; SHUKLA,K.K. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. **Energy and Building** v. 42, p.1592-1600, 2010.

REVISTA CONDOMINIO & ETC. **Mãos à obra. Edição** nº39 Outubro, Novembro e Dezembro de 2008. Disponível em < <http://www.condominioetc.com.br/39/capa.shtml>> Acesso em: 2012.

REVISTA DA MADEIRA, **O processo produtivo de chapa de fibra de Madeira de media densidade (MDF)**. Edição nº 71. Maio de 2003.

RIO20, Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável.In: Sobre a Conferência. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html> Acesso em: 25 de agosto 2012.

ROMERO, M. A.; BARRETO, D. Consumo de energia embutido nos materiais e na produção de edifícios, **Anais ENCAC95**, Rio de Janeiro,1995.

ROODMAN, D. M.; LESSEN, N. A building revolution: How ecology and health concerns are transforming construction. **Worldwatch Institute**, Março 1995.

SCM group, Disponível em: <http://www.scmgroup.com/it/centri_di_lavoro_universal_3012_tv> Acesso em: 16 de fevereiro de 2012.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. **Cadeia produtiva da indústria madeiro-moveleira: Cenários econômicos e estudos setoriais** Recife, 2008. Disponível em: <http://177.52.17.17:8030/downloads/Industria_madeira.pdf> acesso em dezembro 2012.

SHUKLA, A.; TIWARI, G.N.; SODHA,M.S. Embodied energy analysis of adobe house, **Renewable Energy** **2008**, doi:10.1016/j.renene.2008.04.002, 2008.

SPENCE, R.; MULLIGAN, H. Sustainable Development and the Construction Industry. **Elsevier Science Ltd.** v.19, nº3 p. 279-292, 1995.

SPERB, M. R. **Avaliação das tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**, Dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade Federal do Rio grande do sul, Porto Alegre, 2000.

STEIN, R. G., BUCKLEY,M.,GREEN,M. Handbook of Energy Use for Building Construction, U.S. Department of Energy, Washington, D.C.,(original from University of Minnesota), março 1981.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**, Tese de doutorado em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

THORMARK, C. A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. **Building and Environment** v.37, p.429-435, 2002.

TORQUATO, L. P. **Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil**, Curitiba 2008, Dissertação (Mestrado em ciências florestais), Universidade Federal do Paraná, 2008.

TRELOAR, G. J.;MC COUBRIE A. ;LOVE P.E.D.; IYER-RANIGA U. Embodied energy analysis of fixtures, fittings and furniture in office buildings. **Facilities** v.17 nº 11, p.403-409, 1999.

TRELOAR, G. J. A Comprehensive Embodied Energy Analysis Framework. (Thesis submitted in total fulfillment of the degree of Doctor of Philosophy) **Faculty of Science and Technology**, Deakin University, 291 p. 1998.

TRELOAR, G.; LOVE P.E.D.; FANIRAN O.O.; ILOZOR B. D. Introduction. **International Journal of Environmental Management and Technology** v.2 nº1,2,3, p.1-7, 2002.

UGAYA, C. M. L., Notas de aula apresentadas na disciplina “Ecologia Industrial” ministrada na Universidade Tecnológica do Paraná, 3º trimestre, 2011.

WORLD ENERGY COUNCIL, Publicação **Energy and Urban Inovation** 2010. In: PUBLICAÇÕES. Disponível em <<http://www.worldenergy.org>>. Acesso em: 2011.

YOHANIS, Y. G.; NORTON, B. Life-Cycle operational and embodied energy for a generic single storey office building in the UK. **Energy** v.27 p.77-92, 2002.

XING, S; XU, Z.; JUNG Inventory analysis of LCA on steel- and concrete-construction office buildings, **Energy and Buildings** v.40, p.1188-1193, 2008.

WU, H. J.; Yuan, Z.W.; Zhang, L.; Bi, J. Life cycle consumption and CO₂ emission of an office building in China, **The international journal of life cycle assessment** v. 17 n^o2, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Quadro com os valores de energia embutida utilizados para os cálculos.

Material	Energia Embutida (MJ/Kg)	Fonte
Aço CA 50Ø 10mm	30	TAVARES (2006)
Aço chapa dobrada	30	ICE (2011)
Aço Chapa galvanizada	33,8	TAVARES (2006)
Aço Inox	56,7	ICE (2011)
Alumínio anodizado	210	TAVARES (2006)
Areia	0,05	TAVARES (2006)
Brita	0,15	TAVARES (2006)
Cerâmica - tijolo de 8 furos	2,9	TAVARES (2006)
Cerâmica branca	25	TAVARES (2006)
Cerâmica porcelanato	13	TAVARES (2006)
Chapa de compensado	8	ICE (2011)
Chapa de MDF	11,9	ICE (2011)
Cimento Portland	4,2	TAVARES (2006)
Cobre	75	TAVARES (2006)
Concreto bloco	1	TAVARES (2006)
Concreto simples	1,2	TAVARES (2006)
Emulsão asfáltica	51	TAVARES (2006)
Fechadura	55	TAVARES (2006)
Ferro Fundido	32,8	TAVARES (2006)
Granito	2	TAVARES (2006)
Mármore	1	TAVARES (2006)
Placa de gesso	4,5	TAVARES (2006)
Porta madeira-aparelhada	3,5	TAVARES (2006)
Telha de fibrocimento	6	TAVARES (2006)
Tinta PVA latex	65	TAVARES (2006)
Torneira e registros	95	TAVARES (2006)
Tubo - PVC	80	TAVARES (2006)
Vidro plano	18,5	TAVARES (2006)

APÊNDICE B – Planilha de cálculo da energia embutida do mobiliário do escritório

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²) (°)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Recepção																		
MDF																		
Porta Gola	Legno Versatile	690	522	18	2	0,720	0,013	800	10,37	11,9	9520	123,44	6,2	4,47	503	0,000843	4,40	132,31
Painel MDF	Legno Versatile	1015	300	50	1	0,305	0,015	800	12,18	11,9	9520	144,94	6,2	1,89	503	0,000843	5,16	151,99
Painel MDF	Carvalho Rústico	2555	650	50	1	1,661	0,083	800	66,43	11,9	9520	790,52	6,2	10,30	503	0,000843	28,17	828,98
Painel MDF	Legno Versatile	1630	300	50	1	0,489	0,024	800	19,56	11,9	9520	232,76	6,2	3,03	503	0,000843	8,29	244,09
Painel MDF	Legno Versatile	2615	220	50	1	0,575	0,029	800	23,01	11,9	9520	273,84	6,2	3,57	503	0,000843	9,76	287,17
Painel MDF	Legno Versatile	2635	220	50	1	0,580	0,029	800	23,19	11,9	9520	275,94	6,2	3,59	503	0,000843	9,83	289,36
Painel MDF	Carvalho Rústico	1125	348	50	1	0,392	0,020	800	15,66	11,9	9520	186,35	6,2	2,43	503	0,000843	6,64	195,42
gaveta gola	Legno Versatile	444	156	18	2	0,139	0,002	800	1,99	11,9	9520	23,74	6,2	0,86	503	0,000843	0,85	25,44
Sup. 2 porta de correr	Carvalho Rústico	348	1410	25	2	0,981	0,025	800	19,63	11,9	9520	233,56	6,2	6,08	503	0,000843	8,32	247,97
Sup. 2 porta de correr	Carvalho Rústico	580	1410	25	1	0,818	0,020	800	16,36	11,9	9520	194,64	6,2	5,07	503	0,000843	6,94	206,64

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²)^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Sup. 2 porta de correr	Carvalho Rústico	580	348	25	2	0,404	0,010	800	8,07	11,9	9520	96,08	6,2	2,50	503	0,000843	3,42	102,00
Nicho Horizontal	Carvalho Rústico	500	2100	25	1	1,050	0,026	800	21,00	11,9	9520	249,90	6,2	6,51	503	0,000843	8,90	265,31
Nicho Horizontal	Carvalho Rústico	250	2100	25	2	1,050	0,026	800	21,00	11,9	9520	249,90	6,2	6,51	503	0,000843	8,90	265,31
Nicho Horizontal	Carvalho Rústico	500	250	25	2	0,250	0,006	800	5,00	11,9	9520	59,50	6,2	1,55	503	0,000843	2,12	63,17
Painel MDF	Carvalho Rústico	1530	700	18	1	1,071	0,019	800	15,42	11,9	9520	183,53	6,2	6,64	503	0,000843	6,54	196,71
Painel MDF	Carvalho Rústico	2490	700	18	1	1,743	0,031	800	25,10	11,9	9520	298,68	6,2	10,81	503	0,000843	10,64	320,13
Painel MDF	Carvalho Rústico	2500	1000	18	1	2,500	0,045	800	36,00	11,9	9520	428,40	6,2	15,50	503	0,000843	15,27	459,17
Painel MDF	Carvalho Rústico	1410	120	18	1	0,169	0,003	800	2,44	11,9	9520	28,99	6,2	1,05	503	0,000843	1,03	31,08
Painel MDF	Legno Versatile	300	250	50	1	0,075	0,004	800	3,00	11,9	9520	35,70	6,2	0,47	503	0,000843	1,27	37,44
Painel MDF	Legno Versatile	300	1000	50	1	0,300	0,015	800	12,00	11,9	9520	142,80	6,2	1,86	503	0,000843	5,09	149,75
Painel MDF	Carvalho Rústico	300	700	50	1	0,210	0,011	800	8,40	11,9	9520	99,96	6,2	1,30	503	0,000843	3,56	104,82
Painel MDF	Carvalho Rústico	348	700	50	1	0,244	0,012	800	9,74	11,9	9520	115,95	6,2	1,51	503	0,000843	4,13	121,60
ESPELHO																		
Espelho 2,17 x 0,37 cm	Brisa Vidros	217	37	6	1	0,008	0,000	2500	0,12	18,5	46250	2,23			50	0,001282	0,01	2,24

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m ²	m ³	Densidade (kg/m ³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m ³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m ²) (*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Espelho 2,49 x 0,25 cm	Brisa Vidros	249	25	6	1	0,006	0,000	2500	0,09	18,5	46250	1,73			50	0,001282	0,01	1,73
Espelho 1,59 x 0,25 cm	Brisa Vidros	159	25	6	1	0,004	0,000	2500	0,06	18,5	46250	1,10			50	0,001282	0,00	1,11
METAIS																		
Distanciador 25 mm	Aço Zincado	2050	25	25	1	0,051	0,001	7850	10,06	33,8	265330	339,95			400	0,000843	3,39	343,35
Corrediças gavetas	Aço Galvanizado				4			7850	0,80	33,8	265330	27,04			400	0,000843	0,27	27,31
Puxadores porta	Piatto Alumínio	60	60	5,5	2	0,007	0,000	2700	0,11	210	567000	22,45			400	0,000843	0,04	22,49
Puxadores gavetas	Piatto Alumínio	60	60	5,5	2	0,007	0,000	2700	0,11	210	567000	22,45			600	0,000843	0,05	22,51
Dobradiças	Aço Zincado				4			7850	0,39	33,8	265330	13,02			400	0,000843	0,13	13,15
Banheiro																		
MDF																		
Sup 2 porta correr	Carvalho Rústico	348	1100	25	2	0,766	0,019	800	15,31	11,9	9520	182,21	6,2	4,75	503	0,000843	6,49	193,45
Sup 2 porta correr	Carvalho Rústico	410	1100	25	4	1,804	0,045	800	36,08	11,9	9520	429,35	6,2	11,18	503	0,000843	15,30	455,84
Sup 2 porta correr	Carvalho Rústico	348	410	25	4	0,571	0,014	800	11,41	11,9	9520	135,83	6,2	3,54	503	0,000843	4,84	144,21
Painel MDF	Carvalho Rústico	350	410	50	2	0,287	0,014	800	11,48	11,9	9520	136,61	6,2	1,78	503	0,000843	4,87	143,26
METAIS																		

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²) (*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Perfil de alumínio para porta	Slim Rafex	532	352	19	4	0,099	0,002	2700	5,09	210	567000	1068,47			52	0,001282	0,34	1068,81
dobradiças	Aço Zincado				8			7850	0,77	33,8	265330	26,04			400	0,000843	0,26	26,30
VIDRO																		
Porta de vidro reflexivo	Bronze Rafex	503	323	4	4	0,650	0,003	2500	6,50	18,5	46250	120,23			52	0,001282	0,43	120,66
CERÂMICA																		
Cuba de apoio retangular em louça	Deca	135	560	460	1	0,076	0,035	2000	69,55	25	52075	1810,96			440	0,000843	25,80	1836,76
Bacia Convencional Suspensa	Deca	330	350	550	1	0,116	0,064	2000	127,05	25	52075	3308,06			440	0,000843	47,13	3355,19
METAIS																		
TORNEIRA(Bronze Cromado)	Deca	162	188	60	1	0,030	0,002		3,00	95	-	285,00			440	0,000843	1,11	286,11
Registros	Deca	44	60	60	2	0,005	0,000		1,00	95		95,00			440	0,000843	0,37	95,37
MÁRMORE																		
Mármore marrom emperado	Benato	550	2300	100	1	1,189	0,119	2680	318,76	1	2680	318,76			80	0,001282	32,69	351,45
Rodapia marrom emperado	Benato	200	3400	20	1	0,680	0,014	2680	36,45	1	2680	36,45			80	0,001282	3,74	40,19
ESPELHOS																		
Espelho Ø = 1000mm	Brisa Vidros	1000	1000	6	2	0,785	0,012	2500	30,00	18,5	46250	555,00			50	0,001282	1,92	556,92

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²)^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Escritório																		
MDF																		
Lateral armário direito	Legno Versatile	2420	458	18	1	1,108	0,020	800	15,96	11,9	9520	189,93	6,2	6,87	503	0,000843	6,77	203,57
fundo armário porta correr	Legno Versatile	2420	700	18	3	5,082	0,091	800	73,18	11,9	9520	870,85	6,2	31,51	503	0,000843	31,03	933,39
base/teto armário porta correr	Legno Versatile	458	700	18	9	2,885	0,052	800	41,55	11,9	9520	494,44	6,2	17,89	503	0,000843	17,62	529,95
fechamento porta correr	Legno Versatile	2420	550	25	1	1,331	0,033	800	26,62	11,9	9520	316,78	6,2	8,25	503	0,000843	11,29	336,32
fechamento porta correr	Legno Versatile	2420	150	25	1	0,363	0,009	800	7,26	11,9	9520	86,39	6,2	2,25	503	0,000843	3,08	91,72
Lateral armário esquerdo	Legno Versatile	2420	458	18	1	1,108	0,020	800	15,96	11,9	9520	189,93	6,2	6,87	503	0,000843	6,77	203,57
Lateral armário central	Legno Versatile	2420	458	18	2	2,217	0,040	800	31,92	11,9	9520	379,86	6,2	13,74	503	0,000843	13,54	407,14
Painel	Carvalho Rústico	2675	478	50	1	1,279	0,064	800	51,15	11,9	9520	608,64	6,2	7,93	503	0,000843	21,69	638,25
Painel	Carvalho Rústico	820	478	50	1	0,392	0,020	800	15,68	11,9	9520	186,57	6,2	2,43	503	0,000843	6,65	195,65
Painel	Carvalho Rústico	2700	820	50	1	2,214	0,111	800	88,56	11,9	9520	1053,86	6,2	13,73	503	0,000843	37,55	1105,14
Painel	Legno Versatile	2385	330	50	1	0,787	0,039	800	31,48	11,9	9520	374,64	6,2	4,88	503	0,000843	13,35	392,86
Painel	Carvalho Rústico	1430	478	50	1	0,684	0,034	800	27,34	11,9	9520	325,37	6,2	4,24	503	0,000843	11,59	341,20
Painel	Carvalho R.	1800	350	50	2	1,260	0,063	800	50,40	11,9	9520	599,76	6,2	7,81	503	0,000843	21,37	628,94

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²)^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
arremate armários	Carvalho Rústico	2420	30	25	2	0,145	0,004	800	2,90	11,9	9520	34,56	6,2	0,90	503	0,000843	1,23	36,69
inf. gavetas	Carvalho Rústico	760	458	18	8	2,785	0,050	800	40,10	11,9	9520	477,18	6,2	17,26	503	0,000843	17,00	511,44
inf. gavetas	Carvalho Rústico	760	460	18	4	1,398	0,025	800	20,14	11,9	9520	239,63	6,2	8,67	503	0,000843	8,54	256,84
inf. gavetas	Carvalho Rústico	460	458	18	8	1,685	0,030	800	24,27	11,9	9520	288,82	6,2	10,45	503	0,000843	10,29	309,56
Painel fiação	Legno Versatile	760	125	18	2	0,190	0,003	800	2,74	11,9	9520	32,56	6,2	1,18	503	0,000843	1,16	34,90
Painel fiação	Legno Versatile	760	710	18	1	0,540	0,010	800	7,77	11,9	9520	92,47	6,2	3,35	503	0,000843	3,29	99,11
Porta gola	Legno Versatile	502	350	18	2	0,351	0,006	800	5,06	11,9	9520	60,22	6,2	2,18	503	0,000843	2,15	64,54
gaveta gola	Legno Versatile	166	455	18	4	0,302	0,005	800	4,35	11,9	9520	51,77	6,2	1,87	503	0,000843	1,84	55,49
gaveta gola	Legno Versatile	338	871	18	8	2,355	0,042	800	33,91	11,9	9520	403,58	6,2	14,60	503	0,000843	14,38	432,57
faixa fixa	Legno Versatile	705	165	18	1	0,116	0,002	800	1,68	11,9	9520	19,93	6,2	0,72	503	0,000843	0,71	21,36
nicho armário porta	Legno Versatile	700	1905	18	3	4,001	0,072	800	57,61	11,9	9520	685,53	6,2	24,80	503	0,000843	24,43	734,76
nicho armário porta	Legno Versatile	700	438	18	6	1,840	0,033	800	26,49	11,9	9520	315,23	6,2	11,41	503	0,000843	11,23	337,87
nicho armário porta	Legno Versatile	438	1950	18	6	5,125	0,092	800	73,79	11,9	9520	878,15	6,2	31,77	503	0,000843	31,29	941,21

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²)^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Sup porta basculante	Legno Versatile	350	1700	18	2	1,190	0,021	800	17,14	11,9	9520	203,92	6,2	7,38	503	0,000843	7,27	218,56
Sup porta basculante	Legno Versatile	350	340	18	4	0,476	0,009	800	6,85	11,9	9520	81,57	6,2	2,95	503	0,000843	2,91	87,43
Sup porta basculante	Legno Versatile	340	1700	18	4	2,312	0,042	800	33,29	11,9	9520	396,18	6,2	14,33	503	0,000843	14,12	424,64
Painel	Carvalho Rústico	780	2100	18	1	1,638	0,029	800	23,59	11,9	9520	280,69	6,2	10,16	503	0,000843	10,00	300,84
Painel	Carvalho Rústico	478	760	50	3	1,090	0,054	800	43,59	11,9	9520	518,76	6,2	6,76	503	0,000843	18,48	544,01
Painel	Carvalho Rústico	350	680	50	2	0,476	0,024	800	19,04	11,9	9520	226,58	6,2	2,95	503	0,000843	8,07	237,60
Painel	Carvalho Rústico	478	760	50	1	0,363	0,018	800	14,53	11,9	9520	172,92	6,2	2,25	503	0,000843	6,16	181,34
Painel	Carvalho Rústico	820	810	50	1	0,664	0,033	800	26,57	11,9	9520	316,16	6,2	4,12	503	0,000843	11,27	331,54
VIDRO																		
Porta Vidro reflexivo	Bronze Rafex	2311	698	4	3	4,839	0,019	2500	48,39	18,5	46250	895,26			52	0,001282	3,23	898,48
Porta basculante	Bronze Rafex	303	1666	4	2	1,010	0,004	2500	10,10	18,5	46250	186,78			52	0,001282	0,67	187,45
METAIS																		
Perfil de alumínio para porta	Slim Rafex	2340	727	19	3	0,264	0,005	2700	13,56	210	567000	2847,37			52	0,001282	0,90	2848,27
Perfil de alumínio para porta	Slim Rafex	332	1695	19	2	0,116	0,002	2700	5,94	210	567000	1248,42			52	0,001282	0,40	1248,81
Dobradiças	Aço Zincado				4			7850	0,39	33,8	265330	13,02			400	0,000843	0,13	13,15

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²)^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Puxadores portas	Alumínio	16	137	31	6	0,013	0,000	2700	1,1	210	567000	231,17			400	0,000843	0,37	231,54
Puxadores gavetas	Alumínio	16	553	31	8	0,071	0,002	2700	5,92	210	567000	1244,17			600	0,000843	3,00	1247,17
Dobradiça basculante	Aço Zincado	-	-	-	4	-	-	7850	18,40	33,8	265330	621,92			400	0,000843	6,20	628,12
Corrediças gavetas	Aço Zincado	-	-	-	24	-	-	7850	9,60	33,8	265330	324,48			400	0,000843	3,24	327,72
Corrediças portas de correr	Aço Zincado	-	-	-	6	-	-	7850	3,00	33,8	265330	101,40			400	0,000843	1,01	102,41
Pastas Suspensas	Aço Zincado	-	-	-	2	-	-	7850	0,80	33,8	265330	27,04			400	0,000843	0,27	27,31
Cozinha																		
MDF																		
Porta gola	Legno Versatile	672	227	18	1	0,153	0,003	800	2,20	11,9	9520	26,14	6,2	0,95	503	0,000843	0,93	28,02
Porta gola	Legno Versatile	674	272	18	2	0,367	0,007	800	5,28	11,9	9520	62,83	6,2	2,27	503	0,000843	2,24	67,34
Porta gola	Legno Versatile	672	347	18	1	0,233	0,004	800	3,36	11,9	9520	39,96	6,2	1,45	503	0,000843	1,42	42,83
Gaveta gola	Legno Versatile	166	797	18	4	0,529	0,010	800	7,62	11,9	9520	90,69	6,2	3,28	503	0,000843	3,23	97,20
Painel MDF	Carvalho Rústico	1760	350	50	2	1,232	0,062	800	49,28	11,9	9520	586,43	6,2	7,64	503	0,000843	20,90	614,97
Painel MDF	Carvalho Rústico	1275	400	50	1	0,510	0,026	800	20,40	11,9	9520	242,76	6,2	3,16	503	0,000843	8,65	254,57
caixa porta inferior	Branco	680	458	18	2	0,623	0,011	800	8,97	11,9	9520	106,74	6,2	3,86	503	0,000843	3,80	114,40

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m²	m³	Densidade (kg/m³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m²)^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
caixa porta inferior	Branco	230	458	18	2	0,211	0,004	800	3,03	11,9	9520	36,10	6,2	1,31	503	0,000843	1,29	38,69
caixa porta inferior	Branco	680	230	18	1	0,156	0,003	800	2,25	11,9	9520	26,80	6,2	0,97	503	0,000843	0,95	28,73
gaveta avulsa 170	Branco	166	797	18	4	0,529	0,010	800	7,62	11,9	9520	90,69	6,2	3,28	503	0,000843	3,23	97,20
gaveta avulsa 170	Branco	166	458	18	8	0,608	0,011	800	8,76	11,9	9520	104,23	6,2	3,77	503	0,000843	3,71	111,71
arremate inferior	Carvalho Rústico	680	458	25	1	0,311	0,008	800	6,23	11,9	9520	74,12	6,2	1,93	503	0,000843	2,64	78,69
sup. 2 porta de correr	Carvalho Rústico	360	1000	25	1	0,360	0,009	800	7,20	11,9	9520	85,68	6,2	2,23	503	0,000843	3,05	90,97
sup. 2 porta de correr	Carvalho Rústico	360	348	25	2	0,251	0,006	800	5,01	11,9	9520	59,63	6,2	1,55	503	0,000843	2,12	63,31
sup. 2 porta de correr	Carvalho Rústico	348	1000	25	2	0,696	0,017	800	13,92	11,9	9520	165,65	6,2	4,32	503	0,000843	5,90	175,87
Painel MDF	Carvalho Rústico	360	610	18	1	0,220	0,004	800	3,16	11,9	9520	37,63	6,2	1,36	503	0,000843	1,34	40,33
Painel MDF	Carvalho Rústico	1225	820	18	1	1,005	0,018	800	14,46	11,9	9520	172,13	6,2	6,23	503	0,000843	6,13	184,49
Painel MDF	Carvalho Rústico	400	1000	50	1	0,400	0,020	800	16,00	11,9	9520	190,40	6,2	2,48	503	0,000843	6,78	199,66
Painel MDF	Carvalho Rústico	478	680	50	2	0,650	0,033	800	26,00	11,9	9520	309,44	6,2	4,03	503	0,000843	11,03	324,49
Painel MDF	Carvalho Rústico	350	360	50	3	0,378	0,019	800	15,12	11,9	9520	179,93	6,2	2,34	503	0,000843	6,41	188,68
GRANITO																		
Cuba	Marrom Imperial	1760	620	20	1	0,901	0,022	2700	58,92	2	5400	117,85			80	0,001282	6,04	123,89

Materiais	Acabamento	Altura(mm)	Largura(mm)	espessura(mm)	Quantidade(mm)	m ²	m ³	Densidade (kg/m ³)	Peso(kg)	EE(MJ/kg)	EE(MJ/m ³)	EE (MJ/unidade) FABRICAÇÃO	EE (MJ/m ²) ^(*)	EE(MJ/unidade) MONTAGEM	Distância(km)	Fator de Transporte (MJ/Kg.Km)	EE (MJ) TRANSPORTE	EE inicial (MJ)
Cook Top	Marrom Imperial	1620	620	20	1	0,834	0,020	2700	54,24	2	5400	108,48			80	0,001282	5,56	114,04
Rodapia	Marrom Imperial	3380	100	20	1	0,338	0,007	2700	18,25	2	5400	36,50			80	0,001282	1,87	38,38
VIDRO																		
porta de correr vidro reflexivo	Bronze Rafex	273	456	4	2	0,249	0,001	2500	2,49	18,5	46250	46,06			52	0,001282	0,17	46,23
METAIS																		
Perfil de alumínio para porta	Slim Rafex	302	485	19	2	0,044	0,001	2700	2,26	210	567000	473,62			52	0,001282	0,15	473,77
Dobradiças	Aço Zincado	-	-	-	8	0,000	-	7850	0,77	33,8	265330	26,04			400	0,000843	0,26	26,30
Puxadores portas	Alumínio	16	233	31	4	0,015	0,000	2700	1,25	210	567000	262,11			600	0,000843	0,63	262,74
Puxadores gavetas	Alumínio	16	553	31	4	0,035	0,001	2700	2,96	210	567000	622,09			600	0,000843	1,50	623,58
Corrediças gavetas	Aço Zincado	-	-	-	8	0,000	-	7850	1,60	33,8	265330	54,08			400	0,000843	0,54	54,62
Corrediças portas de correr	Aço Zincado	-	-	-	4	0,000	-	7850	0,80	33,8	265330	27,04			400	0,000843	0,27	27,31
Cuba em Aço Inox	Tramontina	560	340	170	1	0,190	0,043	-	2,50	56,7	-	141,75			600	0,000843	1,26	143,01
												EE Total Fabricação		EE Total Montagem			EE Total de Transporte	EE inicial
(MJ)												37205,10		485,62			850,01	38540,73
(MJ/m ²)												733,0					16,7	759,3

(*)EE de Montagem(MJ/unidade) das peças de MDF e instalação de ferragens nas peças de MDF.

APÊNDICE C – Simulador de consumo da Companhia Paranaense de energia elétrica



Simulador de Consumo

*Verificar os valores no site

Escritório

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Ar Condicionado	1	1000	160	Horas/Mês	160,00	R\$ 76,79
Computador	2	300	160	Horas/Mês	96,00	R\$ 46,07
FAX	1	30	1	Horas/Mês	0,03	R\$ 0,01
Impressora	1	400	10	Horas/Mês	4,00	R\$ 1,92
Lâmpada Fluorescente	4	9	160	Horas/Mês	5,76	R\$ 2,76
Scanner	1	55	1	Horas/Mês	0,06	R\$ 0,03
Telefone sem fio	2	100	40	Horas/Mês	8,00	R\$ 3,84
TOTAL:					273,85	R\$ 131,42

Cozinha

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Cafeteira elétrica	1	1000	2	Horas/Mês	2,00	R\$ 0,96
Lâmpada Fluorescente	2	9	21	Horas/Mês	0,38	R\$ 0,18
Microondas	1	1200	2	Horas/Mês	2,40	R\$ 1,15
TOTAL:					4,78	R\$ 2,29

Resultado da Simulação - tarifa com data de: 24/06/2011

Soma total dos aparelhos elétricos adicionados em cada cômodo

Consumo aproximado da conta de luz: Valor aproximado:

278,63 kWh

R\$ 133,71

ANEXOS

ANEXO A - Exemplo de tabela dos pedidos de clientes gerados para fabricação na Maragno Móveis Planejados

Pedido	Nome Cliente	Ambiente	Componente	Comprimento	Medida Alterada	Largura	Medida Alterada	Quantidade	Chapa	Veio	Borda	Data Entrega	Pasta	Produto	Ambiente	Lote
7739	Maurício Martins	Churrasqueira	FI011	697	0	497	0	2	11	SIM	8		201206J	F7308	1	01
7739	Maurício Martins	Churrasqueira	IG007	467	0	141	0	2	11	SIM	8		201206J	F7910	1	01
7739	Maurício Martins	Churrasqueira	IG007	467	0	360	0	1	11	SIM	8		201206J	F7926	1	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	AB001	1009	0	800	0	1	12	SIM	1		201206J	A0040	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	AB003	1009	0	800	0	1	12	SIM	1		201206J	A0040	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	AL002	2640	0	800	0	1	12	SIM	1		201206J	A0078	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	AL002	2640	0	800	0	1	12	SIM	1		201206J	A0086	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	AR002	1009	0	76	0	2	12	SIM	0		201206J	A0040	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	comp18	340	0	40	0	4	12	SIM	0		201206J	V0010	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	FA003	2552	0	511	0	2	12	SIM	8		201206J	P6012	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	MR034	1498	0	780	0	1	12	SIM	8		201206J	V0005	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	MR053	591	0	780	0	2	12	SIM	8		201206J	H0006	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	MR053	1009	0	780	0	2	12	SIM	8		201206J	H0006	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	MR104	2526	0	0	0	1	12	NÃO	0		201206J	A0040	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	NG007	924	0	303	0	1	12	SIM	8		201206J	P7931	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	NL018	340	0	586	0	1	12	SIM	6		201206J	N0170	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	NL098	340	0	586	0	1	12	SIM	6		201206J	N0170	2	01
7739	Maurício Martins	Armário circulação	NR001	891	0	125	0	2	12	NÃO	2		201206J	N0170	2	01

ANEXO B – Tabela 7 da NBR 12.721:2005 utilizada para o cálculo da energia dos itens da edificação exceto mobiliário.


Projeto NBR 12721:2005

31

Tabela 7 - Lotes Básicos - Projetos-padrão Comerciais - NORMAL
CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

LOTE BÁSICO (por m² de construção)	UN	PADRÃO NORMAL		
		CAL- 8	CSL- 8	CSL-16
MATERIAIS				
Chapa compensado plastificado 18 mm x 2,20 m x 1,10 m	m²	1,43346	1,48058	1,84120
Aço CA-50 Ø 10 mm	kg	33,30906	38,89402	58,69879
Concreto fck= 20 MPa conv. br. 1 e 2 pré-misturado	m³	0,37622	0,37187	0,52396
Cimento CP-32 II	kg	69,51853	56,97828	75,29497
Areia média	m³	0,21617	0,18296	0,24308
Brita nº 02	m³	0,04342	0,03197	0,04006
Tijolo de 8 furos 9 cm x 19 cm x 19 cm	un	32,90100	46,51977	61,78883
Bloco de concreto 19 cm x 19 cm x 39 cm	un	1,75147	0,99441	0,85634
Telha fibrocimento ondulada 6 mm x 2,44 m x 1,10 m	m²	0,13878	0,17538	0,10769
Porta interna semi-oca para pintura 0,60 m x 2,10 m	un	0,06030	0,09084	0,11852
Esquadrias de correr de alumínio anodizado natural	m²	0,20344	0,07172	0,10439
Janela de correr de chapa dobrada	m²	0,03676	0,03018	0,03391
Fechadura interna média cromada	un	0,03194	0,05079	0,06657
Azulejo branco 15 cm x 15 cm	m²	0,72002	0,76150	1,03029
Tampo (bancada) de mármore branco 2,00 m x 0,60 m	un	0,00698	0,00406	0,00500
Placa de gesso 70 cm x 70 cm	m²	0,37145	0,38477	0,55897
Vidro liso transparente 4 mm colocado com massa	m²	0,25449	0,08970	0,13030
Tinta látex PVA	l	2,10442	1,93822	2,96768
Emulsão asfáltica impermeabilizante	kg	4,84204	2,30596	2,88224
Fio de cobre anti-chama, isolamento 750 V, # 2,5 mm²	m	22,07462	12,78848	34,37335
Disjuntor tripolar 70 A	un	0,17189	0,24887	0,32221
Bacia sanitária branca com caixa acoplada	un	0,02796	0,02865	0,02894
Registro de pressão cromado Ø 1/2"	un	0,13224	0,05779	0,10549
Tubo de ferro galvanizado com costura Ø 2 1/2"	m	0,11169	0,18911	0,37518
Tubo de PVC-R rígido reforçado para esgoto Ø 150 mm	m	0,39490	0,42503	0,36957
MÃO-DE-OBRA				
Pedreiro	h	27,34951	26,63146	36,81614
Servente	h	19,37664	17,60135	24,14754
DESPESAS ADMINISTRATIVAS				
Engenheiro	h	1,15081	0,90857	1,01890
EQUIPAMENTOS				
Locação de betoneira 320 l	dia	0,63853	0,27176	0,63853

ANEXO C – Detalhamento dos componentes do projeto do escritório

	Maragno Agua Verde Av Silva Jardim 2753 Tel. (41) 3244-8374 Curitiba PR	Fabrica R. Francisco Gabardo f., 450 Tel. (41) 3244 8374 Curitiba - PR maragno@maragno.com.br www.maragno.com.br
---	---	--

Isabella Alves Marchesini

Endereço:

A/D:

Obs.:

Sala Interna					R\$ 14.089,27	
Código	MA	Descrição	Acabamento	Quant.	Unit.	Total
A0083	X	Lateral de armário - direito 18 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	151,16	151,16
A8001	X	armário porta correr 700 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	355,23	355,23
A8001	X	armário porta correr 700 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	355,23	355,23
A8001	X	armário porta correr 700 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	355,23	355,23
A8029	X	fechamento porta correr 25 x 550 x 2.420	Painel 25 - Legno Versatile (cap)	1	289,87	289,87
A8033	X	fechamento porta correr 25 x 150 x 2.420	Painel 25 - Legno Versatile (cap)	1	39,38	39,38
A8035	X	Lateral de armário - esquerdo - porta correr 18 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	154,35	154,35
A8039	X	Lateral de armário - central - porta correr 18 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	151,16	151,16
A8039	X	Lateral de armário - central - porta correr 18 x 458 x 2.420	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	151,16	151,16
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 2.675 x 478 x 50	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	428,16	428,16
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 820 x 478 x 50	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	131,25	131,25
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 2.700 x 820 x 50	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	741,36	741,36
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 2.385 x 330 x 50	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	263,54	263,54

Página: 1

7958

H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 1.430 x 478 x 50	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	228,88	228,88
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 1.800 x 350 x 50	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	210,96	210,96
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal 1.800 x 350 x 50	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	210,96	210,96
M0113		arremate bancada	Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	17,13	17,13
M0123	X	arremate armarios 30 x 19 x 2.420	Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	13,08	13,08
N0059	X	inf 4 gavetas iguais 460 x 458 x 760	Caixa quarto - Carvalho Rustico (rov)	1	513,28	513,28
N0173		inf 2 gav pasta suspensa	Caixa quarto - Carvalho Rustico (rov)	1	100,35	100,35
N0173		inf 2 gav pasta suspensa	Caixa quarto - Carvalho Rustico (rov)	1	100,35	100,35
N0173		inf 2 gav pasta suspensa	Caixa quarto - Carvalho Rustico (rov)	1	100,35	100,35
N0173		inf 2 gav pasta suspensa	Caixa quarto - Carvalho Rustico (rov)	1	100,35	100,35
N0415	X	Painel fiação 710 x 125 x 760	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	168,10	168,10
P0043	X	porta de correr perfil aluminio 727 x 438 x 2.340	Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	1.302,22	1.302,22
P0043	X	porta de correr perfil aluminio 727 x 438 x 2.340	Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	1.302,22	1.302,22
P0043	X	porta de correr perfil aluminio 727 x 438 x 2.340	Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	1.302,22	1.302,22
P3415	X	porta gola 350 x 18 x 502	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	96,27	96,27
P3415	X	porta gola 350 x 18 x 502	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	96,27	96,27
P5178	X	porta aluminio 1.695 x x 332	Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	435,97	435,97
P5178	X	porta aluminio 1.695 x x 332	Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	435,97	435,97
P7910	X	gaveta gola 455 x 18 x 166	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	74,84	74,84
P7910	X	gaveta gola 455 x 18 x 166	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	74,84	74,84

P7910	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	74,84	74,84
	455 x 18 x 166				
P7910	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	74,84	74,84
	455 x 18 x 166				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P7930	X gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	67,89	67,89
	871 x 18 x 338				
P9902	X faixa fixa	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	0,00	0,00
	705 x x 165				
T0140	X nicho armario 2 porta	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	482,98	482,98
	700 x 438 x 1.905				
T0140	X nicho armario 2 porta	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	482,98	482,98
	700 x 438 x 1.905				
T0140	X nicho armario 2 porta	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	482,98	482,98
	700 x 438 x 1.905				
U0178	X sup porta basculante	Caixa quarto - Legno Versatile (cap)	1	224,82	224,82
	1.700 x 350 x 340				
U0178	X sup porta basculante	Caixa quarto - Branco Melaminico	1	179,85	179,85
	1.700 x 350 x 340				
V0010	X Painei 18mm veio horizontal	Painei 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	222,82	222,82

		2.100	x	18	x	780				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	121,64	121,64
		478	x	50	x	760				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	121,64	121,64
		478	x	50	x	760				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	121,64	121,64
		478	x	50	x	760				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	79,69	79,69
		350	x	50	x	680				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	121,64	121,64
		478	x	50	x	760				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	79,69	79,69
		350	x	50	x	680				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical					Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	222,41	222,41
		820	x	50	x	810				

BWC							R\$ 2.297,52		
Código	MA	Descrição				Acabamento	Quant.	Unit.	Total
F9707	X	porta alumínio				Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	309,14	309,14
		535	x		x 352				
F9707	X	porta alumínio				Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	309,14	309,14
		535	x		x 352				
F9707	X	porta alumínio				Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	309,14	309,14
		535	x		x 352				
F9707	X	porta alumínio				Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	309,14	309,14
		535	x		x 352				
S0141	X	sup 2 porta correr				Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	482,43	482,43
		1.100	x	348	x 410				
S0141	X	sup 2 porta correr				Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	482,43	482,43
		1.100	x	348	x 410				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical				Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	48,05	48,05
		350	x	50	x 410				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical				Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	48,05	48,05
		350	x	50	x 410				

Cozinha										R\$	4.741,60
Código	MA Descrição					Acabamento	Quant.	Unit.	Total		
F7002	X	porta gola					Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	112,27	112,27	
		227	x		x	672					

F7205	X	porta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	175,99	175,99
		272	x		x	674			
F7205	X	porta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	175,99	175,99
		272	x		x	674			
F7300	X	porta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	121,86	121,86
		347	x		x	672			
F7300	X	porta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	121,86	121,86
		347	x		x	672			
F7913	X	gaveta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	111,29	111,29
		797	x		x	166			
F7913	X	gaveta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	111,29	111,29
		797	x		x	166			
F7913	X	gaveta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	111,29	111,29
		797	x		x	166			
F7913	X	gaveta gola				Porta gola cozinha melaminica - Legno Versatile (cap)	1	111,29	111,29
		797	x		x	166			
F9706	X	porta aluminio				Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	288,32	288,32
		485	x		x	302			
F9706	X	porta aluminio				Reflexivo Bronze - Slim inox escovado	1	288,32	288,32
		485	x		x	302			
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal				Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	206,27	206,27
		1.760	x	350	x	50			
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal				Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	206,27	206,27
		1.760	x	350	x	50			
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal				Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	170,77	170,77
		1.275	x	400	x	50			
I0002	X	inferior 1 porta				Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	137,71	137,71
		230	x	458	x	680			
I0120		gaveta avulsa 170				Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	197,12	197,12
I0120		gaveta avulsa 170				Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	197,12	197,12
I0120		gaveta avulsa 170				Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	197,12	197,12
I0120		gaveta avulsa 170				Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	197,12	197,12
I0205		inf canto L				Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	239,80	239,80

I0300		inf 2 porta sem fundo		Caixa cozinha - Branco Melamínico	1	157,92	157,92
M0001	X	arremate inferior		Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	13,08	13,08
		30 x 458 x 680					
S0140	X	sup 2 porta correr		Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	446,83	446,83
		1.000 x 348 x 360					
V0005	X	Painel 18mm veio vertical		Painel 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	29,87	29,87
		610 x 18 x 360					
V0010	X	Painel 18mm veio horizontal		Painel 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	136,64	136,64
		1.225 x 18 x 820					
V0092	X	Painel 50mm veio vertical		Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	133,94	133,94
		400 x 50 x 1.000					
V0092	X	Painel 50mm veio vertical		Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	108,84	108,84
		478 x 50 x 680					
V0092	X	Painel 50mm veio vertical		Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	42,19	42,19
		350 x 50 x 360					
V0092	X	Painel 50mm veio vertical		Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	42,19	42,19
		350 x 50 x 360					
V0092	X	Painel 50mm veio vertical		Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	108,84	108,84
		478 x 50 x 680					
V0092	X	Painel 50mm veio vertical		Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	42,19	42,19
		350 x 50 x 360					

Recepção					R\$ 4.291,59	
<u>Código</u>	<u>MA</u>	<u>Descrição</u>	<u>Acabamento</u>	<u>Quant.</u>	<u>Unit.</u>	<u>Total</u>
F9613	X	porta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	121,49	121,49
		690 x 18 x 522				
F9613	X	porta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	121,49	121,49
		690 x 18 x 522				
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	101,96	101,96
		1.015 x 300 x 50				
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	556,10	556,10
		2.555 x 650 x 50				
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	163,74	163,74
		1.630 x 300 x 50				
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	192,64	192,64
		2.615 x 220 x 50				
H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	194,11	194,11
		2.635 x 220 x 50				

H0093	X	Painel 50mm veio longitudinal	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	131,09	131,09
		1.125 x 348 x 50				
N0430		Criado-mudo 2 gav	Caixa quarto - Carvalho Rustico (rov)	1	312,68	312,68
P7946	X	gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	74,49	74,49
		444 x 18 x 156				
P7946	X	gaveta gola	Porta gola quarto melaminico - Legno Versatile (cap)	1	74,49	74,49
		444 x 18 x 156				
R1093	X	Distanciador Ø25mm (inserir largura)	Sem Cor	1	4,47	4,47
		2.050 x 25 x 25				
S0147	X	sup 2 porta correr	Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	588,25	588,25
		1.410 x 348 x 580				
U0217	X	Nicho horizontal	Painel 25 - Carvalho Rustico (rov)	1	631,24	631,24
		2.100 x 250 x 500				
V0010	X	Painel 18mm veio horizontal	Painel 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	145,69	145,69
		1.530 x 18 x 700				
V0010	X	Painel 18mm veio horizontal	Painel 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	237,10	237,10
		2.490 x 18 x 700				
V0010	X	Painel 18mm veio horizontal	Painel 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	340,08	340,08
		2.500 x 18 x 1.000				
V0010	X	Painel 18mm veio horizontal	Painel 18 - Carvalho Rustico (rov)	1	23,02	23,02
		1.410 x 18 x 120				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	25,11	25,11
		300 x 50 x 250				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical	Painel 50 - Legno Versatile (cap)	1	100,46	100,46
		300 x 50 x 1.000				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	70,32	70,32
		300 x 50 x 700				
V0092	X	Painel 50mm veio vertical	Painel 50 - Carvalho Rustico (rov)	1	81,57	81,57
		348 x 50 x 700				

Total dos Produtos: R\$ 25.419,98

Data do Orçamento: 13/03/2012 **Válido até 23/03/2012**

Vendedor: Manoella Marchesini (15)

Consulte todas as formas de parcelamento e pagamento. Aceitamos os cartões Visa, Master, American Express, Construcard e Cartão BNDES.

Não incluso tampos granito, vidros, decoração, serviços de elétrica e hidráulica.

Assinatura do Vendedor: _____